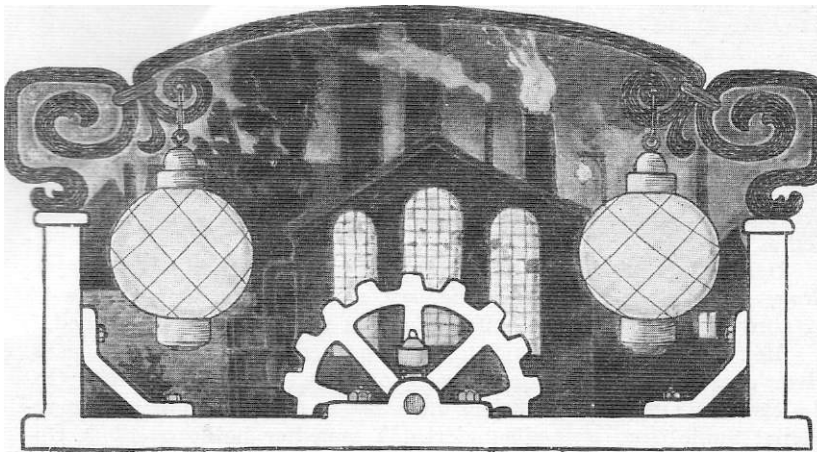
MENNESKEAANDENS SEJRE

OPFINDELSERNES HISTORIE
I OMRIDS

AF

POUL LA COUR OG HELGE HOLST

»FREM«
DET NORDISKE FORLAG
ERNST BOJESEN
1904



INDLEDNING

I Løbet af de sidste halvandet hundrede Aar er vort Herredømme over Naturens Kræfter øget mere end tidligere i Aartusinder. Vi liar lært paa trods af Tyngdekraften at hæve os op i Luften højt over Bjærgenes Toppe. Vi har tæmmet Lynstraalen og foreskrevet de'n dens Bane. Det sorte Kul, som gemmes i Jordens Indre, har vi tvunget til at arbejde og lyse for os. Skibene driver vi med uimodstaaelig Kraft stik imod Vind og Strøm. Tværs igennem Lande og Verdensdele, over Floder og gennem Bjærge har vi banet Vej for Damphesten, der nu i et Par Uger kan føre os fra den gamle Verdens yderste Vesten til det yderste Østen. Vore Maskiner udfører i Minutter Arbejder, som tidligere krævede Timer eller Dage. Vi har tvunget Solstraalerne til at tegne Billeder for os. Og alt dette er nærved at overstraales af den Række Vidundere, Elektriciteten har gjort til Virkelighed.

Alligevel kan vi ikke standse og slaa os til Ro med det, vi allerede har naaet. De nyere Tiders stærke Udvikling af Industri, Landbrug, Lægekunst, Samfærdsels- og Samkvemsmidlerne har udryddet megen Trældom og meget Barbari, mindsket de groveste Former for menneskelig Nød og Lidelse og gjort det muligt for langt flere Mennesker at finde Livsopholdet Men den har tillige grebet dybt ændrende ind i det offentlige og private Liv og derved skabt nye og vanskelige Opgaver for Samfundet og den enkelte, Opgaver, hvis Løsning stadig kræver nye Fremskridt. Det ligger desuden dybt i Menneskets Natur, at Arbejde og Stræben mod nye Maal med de smaa og store Seire, der vindes under Arbejdet, giver

mere virkelig Tilfredsstillelse end den blotte Nyden af det, der en Gang er vundet.

Vi kan imidlertid allesammen til en vis Grad blive, delagtige i Glæden ved tidligere Slægters Arbejde, idet vi ikke nøjes med at drage Nytte af de færdige Resultater, men tillige ser tilbage og fæster Blikket paa de Vanskeliglieder og Hindringer, der har været at overvinde, og paa de Opfindelser, gennem hvilke Sejren er vundet. Vi vil derigennem tillige faa klarere Øje for, hvilke Vanskeligheder der endnu staar tilbage, og hvilke Fremskridt der kan haabes og ventes af Fremtiden.

Denne Bog skulde give et lille Bidrag i denne Retning ved at fremdrage nogle af de vigtigste Opfindelser, som har forøget vor Evne til at udnytte de Kræfter og Stoffer, Naturen stiller til vor Raadighed.

Men det ligger i Sagens Natur, at Opgaven maa begrænses stærkt. Hver eneste Industrigren er bygget op af en saa stor Mængde Opfindelser, at der kunde skrives hele Bøger om den Sum af menneskeligt Snille, som er nedlagt deri. Vi maa her holde os til de Opfindelser, som har skabt de store almindelige Fremskridtslinjer for Menneskeslægten og peger videre fremad i disse Linjers Retning; de Sidespor, som fører ud til de enkelte Industrigrene, maa vi i Reglen gaa forbi. Men vi maa tillige som oftest give Afkald paa at følge Udviklingens Hovedlinjer saa langt tilbage, som det kunde være ønskeligt, dels fordi de taber sig i Fortidens Mørke, dels fordi mange af de Opfindelser, der har faaet allerstørst praktisk Betydning, udspringer fra naturvidenskabelige Opdagelser; og naar vi ikke tillige vil skildre Fysikkens Udvikling, kan vi kun undtagelsesvis og ganske kort komme ind paa disse Opdagelser.

Det er da ikke Maalet, at Læseren skal kunne lægge Bogen til Side med den Følelse, at nu har han faaet de Oplysninger, han kunde ønske. Tværtimod har den langt snarere opfyldt sit Formaal, hvis den har forøget Videlysten og rettet den mod bestemte Punkter.

De, der gerne vil vinde bedre Forstaaelse af, hvorledes tekniske Fremskridt ofte har deres Forudsætning i den voksende videnskabelige Erkendelse, henvises til »Poul la Cour og Jacob Appel: Historisk Fysik,« og de, som særlig ønsker nærmere Besked om Fremskridt og Fremgangsmaader indenfor enkelte Industrigrene, vil ofte kunne finde, hvad de søger, i »André Lutken: Opfindelsernes Bog.«

I. KRAFTMASKINER.

Vandhjulet, Vindfangst og andre Kraftmaskiner i ældre Tid. — Dampmaskinen. — Gas- og Petroleumsmotorer. — Vand- og Vindmotorer i nyere Tid. — Evighedsmaskinen. — Arbejdskraftens Kilder.

Allerede i meget fjerne Tider har Menneskene forstaaet at benytte sig af Dyrenes Muskelkraft, hvor det blot gjaldt at faa tunge Byrder flyttede. Men der var andre svære Arbejder, ved hvilke det først blev muligt at anvende Dyrenes Kraft, efter at man havde opfundet saadanne Maskiner, at Arbejdet kunde udføres ved en Kredsbevægelse.

Saa længe man malede Kornet ved at lægge det paa en Sten og gnide en anden Sten mod det med Haanden, kunde man saaledes ikke sætte en Hest til dette Arbejde. Men efter at man havde opfundet Kværnen, hvor Malingen udførtes ved Omdrejning af en stor Sten, var det ikke vanskeligt at indrette det saaledes, at en Hest, et Æsel eller et andet Trækdyr kunde udføre Drejningen. Allerede i Oldtidens Rom var det almindeligt at anvende Trækdyr til Kornmaling.

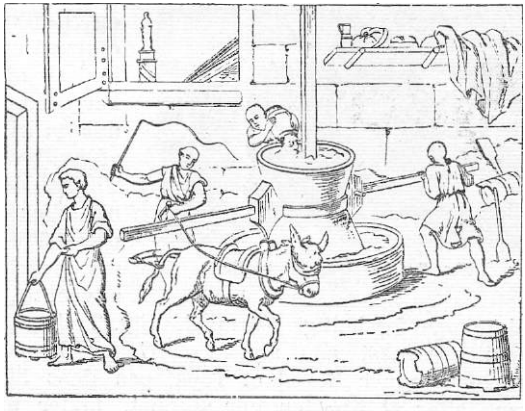


Fig. 1. Kornmaling i det gamle Rom.

Til Fremdrift af Fartøjer har Vandløbenes og Vindens Arbejdskraft utvivlsomt været benyttet lige fra Skibsfartens allerførste Begyndelse; men først forholdsvis sent fandt man paa at anvende den paa Landjorden til Kornmaiing og lignende Arbejder i Stedet for Menneskers og Dyrs Muskelkraft. Vandhjul har dog været kendt i det gamle Rom allerede ved vor Tidsregnings Begyndelse, men deres

Anvendelse har vistnok været meget begrænset. I Hovedsagen var det en udstrakt Benyttelse af menneskelig Arbejdskraft, der dannede Grundlaget for Romerrigets vidt fremskredne materielle Kultur, og den kunde kun naa sit bøje Standpunkt, fordi Romerne kunde skaffe sig Slaver nok fra de undertrykte Folkeslag.

Vejrmøllen stammer fra det indre Asien. Fra Persien bragtes den til Araberne og kendles i hvert Fald af dem kort efter Muhammeds Tid. Evropæerne gjorde imidlertid først paa Korstogene Bekendtskab med Vejrmøllen som med adskillige andre østerlandske Opfindelser. Den vandt saa efterhaanden — om end kun langsomt -— Indgang i Evropa i Egne, hvor der ikke fandtes Vandløb med Fald, som let kunde indrettes tii at drive Vandhjul.

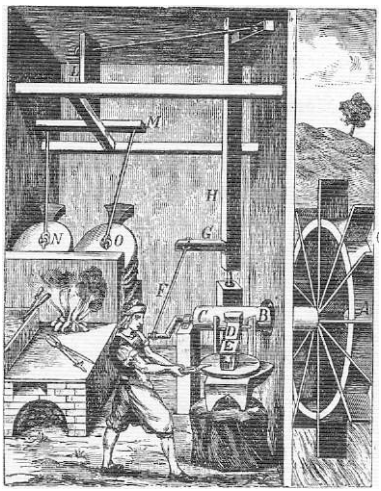


Fig. 2. En Hammermølle.

Omtrent for tre Aarhundreder siden vakte Mænd som Galilei i Italien, Gilbert og Baco i England, Naturvidenskaben til nyt og frodigt Liv efter en langt mer end tusindaarig Dvaletilstand. Og samtidig vaagnede der rundt om i Evropa en levende Interesse for Teknikken. Et Værk om Vand- og Luftkunst, der var skrevet omtrent et Aarhundrede før Kristi Fødsel af den græske Matematiker Hero, blev draget frem og udkom i talrige Oversættelser, af hvilke flere er forsynede med Tillæg, der beskriver Oversætternes eller andres Opfindelser. Af disse Tillæg til Heros Værk ses det, hvorledes Vand- og Vindkraft anvendtes eller tænktes anvendte til mange forskellige Formaal. Fig. 2 viser f. Eks. et Vandhjul, der med en Knast paa sin Aksel *C* for hver Omdrejning løfler den tunge Hammer *E* ved et Tryk paa dens Skaft D, saa at Hammeren, efter at Knasten har sluppet, falder med hele sin Vægt paa det Jærn, Smeden lægger paa Ambolten; samtidig trækker Vandhjulet, ved Hjælp af et System af Vægtstænger, to Blæsebælge. Fig. 3, der ogsaa hidrører fra Tillæggene til Hero, fremstiller en gammel Stubmølle, der benyttes til Kornmaling; der findes imidlertid ogsaa Billeder, som viser Vejrmøllen anvendt til Oppumpning af Vand.

Idet saavel Vandhjulet som Møllevingerne benyttes ved Udførelsen af forskelligartede Arbejder, sondrer de sig ud som særlige Maskiner, som vi vil betegne som Kraftmaskiner (eller Motorer), fordi de optager Arbejdskraften fra den Kraftkilde, man har til Raadighed (Vandløbet eller Vinden), og omdanner den paa en saa-

dan Maade, al den kan udnyttes til forskellige Formaal. De Maskiner, i hvilke Bevægelsen udnyttes, kalder vi saa Arbejdsmaskiner. I en Kornmølle er Vindfanget, d. v. s. . Møllevingerne, der tvinger Vindens Kraft til at dreje en Aksel rundt, Kraftmaskinen, og Kværnen, i hvilken Arbejdskraften udnyttes til Maling af Kornet, Arbejdsmaskinen. I »Hammermøllen«, Fig. 2, er Vandhjulet, der tvinger Strømmen til at dreje en Aksel rundt, Kraftmaskinen, medens vi kan betegne de Maskinerier, ved hvis Hjælp Jærnet smedes og Luften blæses ind i Ilden, som Arbejdsmaskinerne.

Hestegangen, ved hvilken en Hest eller et andet Trækdyr frembringer en omdrejende Bevægelse af en lodret Aksel, kan ogsaa

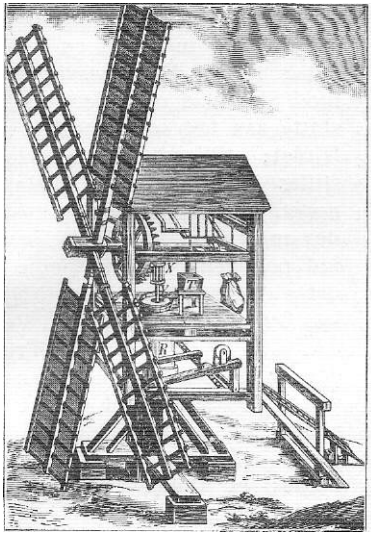


Fig. 3. En Stubmølle

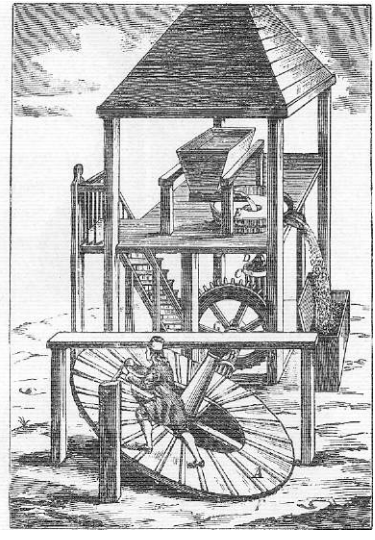


Fig. 4. En Trædemølle.

kaldes en Kraftmaskine, idet Akselen kan drive forskellige Arbejdsmaskiner; i Fig. 1, hvor et Æsel drejer en Kværn, er imidlertid Hestegangen og Kværnen forbundne saaledes til en Maskine, at man ikke godt kan tænke sig den delt i Kraft- og Arbejdsmaskine. En anden Kraftmaskine, som har været meget benyttet i ældre Tid, er Trædemøllen, eller rettere sagt Trædehjulet i denne (se Fig. 4); her frembringer en Mand en omdrejende Bevægelse af en Aksel, idet han uafladelig søger at vandre op ad en Række Trin paa et Hjul, som imidlertid giver efter for hans Vægt, saa at Hjulet gaar rundt, medens Manden bliver paa samme Sted i Forhold til Omgivelserne. Naar det gælder om at faa det størst mulige fysiske Arbejde udrettet ved Menneskets Muskelkraft, er denne Maskine meget

fordelagtig, men det er ikke uden Grund, at Udtrykket »at gaa i Trædemøllen« anvendes som Betegnelse for et i særlig Grad sløvende og aandsfortærende Arbejde. Arbejde i Trædemøllen anvendes i vore Dage som en Straf for Forbrydere i engelsk Ostindien. I Tillæggene til Hero findes der Afbildninger af Trædemøller baade for Mennesker og for Dyr.

Det Vandhjul, som er vist i Fig. 2, er et saakaldet Strømhjul, der rimeligvis er den ældste Form for Vandhjulet. Naar man anbragte et saadant Hjul over et Vandløb med Skovlene ragende ned i Strømmen, gik Hjulet rundt; men Vandets Arbejdskraft udnyttedes meget daarligt paa denne Maade. Man kan faa et Vandløb til at udrette langt mere Arbejde, naar man ved en Rende leder større Vandmasser hen mod Skovlene og lader Renden slutte saa tæt som muligt om Hjulet; tillige bør Skovlene stilles skraat og helst krumme noget, saa at Vandet ikke støder mod dem, men ledes jævnt ind paa dem. Endnu bedre er det at lede Vandet hen til Hjulets Overside, hvor det fra Renden glider ned i et Slags Trug, der er anbragte paa Hjulet som vist i Fig. 5; Hjulet drives da rundt af det optagne Vands Vægt. Et saadant Vandhjul kaldes et Overfaldshjul i Modsætning til de Hjul — Underfaldshjulene — der rammes af Vandet paa Undersiden. I Tillæggene til Hero findes der Afbildninger baade af Underfaldshjul og af Overfaldshjul. — Ogsaa med Hensyn til Konstruktionen af Vejrmøller var der allerede for 2—3 Aarhundreder siden gjort et vigtigt Fremskridt ved Opfindelsen af den »hollandske : Vejrmølle. Stubmøllen var anbragt paa en Pæl, om hvilken man maatte dreje hele Møllen for at faa Vingerne vendt mod Vinden; men i den hollandske Mølle, der skal være opfundet i Flandern omkring Aar 1650, drejes kun Taget (»Hatten«) med Vingerne, medens Møllen ellers er fast.

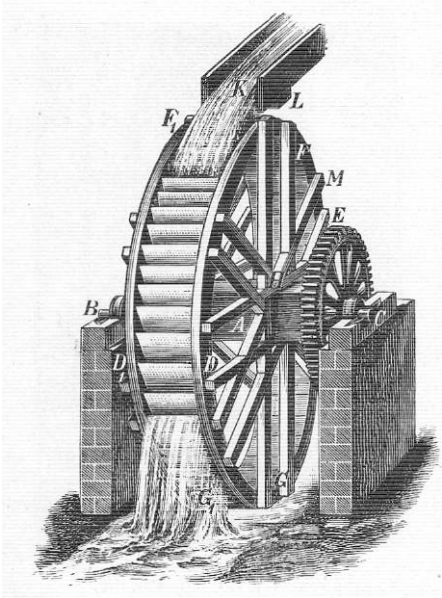


Fig. 5. Et Overfaldshjul.

Man var altsaa i det 17. Aarh. naaet ret vidt med Hensyn til den praktiske Udnyttelse af Menneskers og Dyrs Muskelkraft, og af Vandets og Vindens Kraft. Men tillige var Tanken om praktisk at udnytte Varmens bevægende Kraft stærkt fremme og førte baade i

alien, Frankrig og England til en Række Projekter og Forsøg, af vilke der virkelig i det sidstnævnte Land fremgik en praktisk anendelig Maskine ved Aarhundredets Slutning. At Varmens Arbejdsraft først blev udnyttet i Praksis netop i England, var ingen Tilældighed. Ved de engelske Stenkulsgruber kunde Varmen faas for læsten ingen Ting ved Kullenes Forbrænding, og der var samtidig ;n overordentlig stor Trang til Arbejdskraft, som kunde oppumpe let Vand, der samlede sig nede i Gruberne. Selv en meget ufuldkommen Varmemaskine, der slugte store Mængder |af Kul, vilde derfor kunne betale sig her.

Varmen kan paa flere forskellige Maader frembringe bevægende Kraft; men nærmest laa dog Tanken om at benytte den Kraft, Ilden udvikler, naar den forvandler Vandet til »Luft«, saaledes som det daglig finder Sted i Gryder og Kedler. Smaa Udslag af denne Kraft, har man ofte nok Lejlighed til at iagttage i det daglige Liv, og det er sikkert en meget gammel Erfaring, at Laaget paa et Kogekar kan løftes med stor Kraft, naar det slutter tæt, saa at den dannede »Luft« ikke kan undvige. Vi ved nu, at den Luft, hvortil Vandet forvandles, ikke er den samme som almindelig Luft og blandt andet, til Forskel fra denne, ved Afkøling eller Sammentrykning paa ny helt kan forvandles til Vand, og vi giver den derfor det særlige Navn: Damp. Denne Adskillelse mellem Damp og almindelig Luft har næppe staaet klart for Oldtidens Folk; men Dampens Kraft kendte de godt, og i det tidligere omtalte Værk af Grækeren Hero beskriver denne flere Apparater, i hvilke den benyttes. I et af dem holdes en Kugle svævende paa en Dampstraale, i et andet bringes en hul Kugle til at dreje

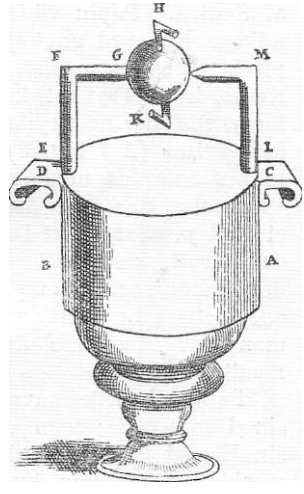


Fig. 6. Heros Dampkugle.

sig rundt om en Aksel, idet en Dampstrøm ledes ind i Kuglen fra Akslen og strømmer ud gennem to bøjede Siderør paa Kuglen (Fig. 6). Man har undertiden betegnet dette sidste Apparat som den første Dampmaskine, og selv om denne Dampkugle og de andre Dampapparater kun er Legetøj uden praktisk Betydning, har de sikkert bidraget til i en senere Tid at vække Haabet om en praktisk Udnyttelse af Dampkraften.

Allerede fra Midten af det 16. Aarh. har man en Beretning om, at en Skibskaptajn Garay i Barcelonas Havn bevægede et Skib fremad ved Hjul, der dreves rundt af Damp, men hvorledes hans Dampmaskine har været indrettet, ved man ikke. Muligvis har den hvilet paa et lignende Princip som en Dampmaskine, der afbildes i en Bog fra 1629 af den italienske Ingeniør Branca. Som Fig. 7 viser, drives

her et Skovlhjul rundt af en Dampstrøm. Dampen udvikles i en Kedel, hvis Laag er formet som Hovedet af en Mand, der puster Dampen ud af Munden gennem et Rør. Branca tænker sig Damphjulet anvendt til at drive et Stampeværk, men det er rimeligvis blevet ved Tanken.

Vi skal i det følgende indskrænke os til at omtale de Opfindelser vedrørende Dampkraften, som virkelig fandt Anvendelse i det praktiske Liv. Blandt disse maa først og fremmest nævnes den af Franskmanden Denis Papin (døni papæng) opfundne Sikkerhedsventil, ved hvilken det blev muligt at frembringe Damp af højt Tryk uden stadig at frygte for en Sprængning af Kedlen. Papin vilde konstruere en Gryde, i hvilken man kunde udkoge Ben ved en højere Varmegrad end Vandets sædvanlige Kogepunkt; men en saadan Varmegrad kan Vandet kun naa i en lukket Kedel, hvor Trykket kan stige over det almindelige Lufttryk. Han forsynede derfor Gryden med et tætsluttende, fastskruet Laag, men lod et Rør (A i Fig. 8) føre fra Damprummet ud til Luften. Røret lukkes damptæt med en Prop c, som trykkes ned mod Røret af en Vægtstang, der kan dreje sig om *a* og ved den anden Ende bærer et Lod *p*. Saa snart Dampens Tryk mod Proppen bliver større end den Kraft, med hvilken Stangen trykker ned paa Proppen, løftes denne lidt, saa at Dampen kan strømme ud; ved at vælge et tungere eller lettere Lod eller ved at forandre dets Plads paa Stangen kunde man selv bestemme den Grænse, over hvilken Damptrykket ikke maatte slige.

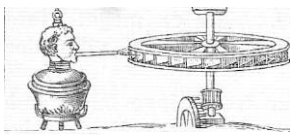


Fig. 7. Brancas Damphjul.

Papin høstede navnlig i England stor Ære og Anerkendelse for sin Dampgryde; men da han senere satte sin Energi ind paa at konstruere en Dampmaskine, fandt han kun Kulde og Ligegyldighed overalt, og han døde c. 1712 i Fattigdom. Hans urolige Aand havde ført ham fra Land til Land — Frankrig, England, Italien og Tyskland havde til forskellig' Tid været hans Opholdssted, — og mange forskellige Ideer til Kraftmaskiner var udgaaet af hans Hjærne. Endskønt hans Kraftmaskiner aldrig fandt Anvendelse i det praktiske Liv og vel heller ikke egnede sig dertil, har hans Planer haft stor Indflydelse paa Dampmaskinens Udvikling.

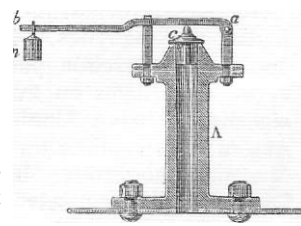


Fig. 8. En Sikkerhedsventil.

Den første Dampmaskine, der med Sikkerhed vides at være brugt i Praksis, konstrueredes af den engelske Bjærgværksingeniør Savery. Da den alene var beregnet til Oppumpning af Vand og ikke kunde anvendes til andet Arbejde, kan den passende kaldes en Damppumpe.

Nogle mener, at Savery havde stjaalet Ideen til sin Maskine fra et Skrift af den engelske Adelsmand Edvard Sommerset, der tidligere havde opfundet en Dair.ppumpe, som vistnok havde en lignende Indretning som Saverys. Selv fortæller denne imidlertid, at han fik Ideen ved en Iagttagelse, han en Gang gjorde i et Værtshus, hvor han havde kastet en tømt Vinflaske ind i Ilden. Der var lidt Vin tilbage paa Bunden, og paa Grund af Varmen dampede delte ud af Flaskehalsen. Derved fik han Lyst til at se, hvorledes det vilde gaa, naar han tog Flasken ud af Ilden og satte Halsen ned i koldt Vand. Det viste sig da, at Flasken fyldtes med Vand. Grunden hertil er den, at den Damp, Vinen udviklede inde i Ilden, havde drevet Luften ud af Flasken, saa at denne nu kun indeholdt Damp; naar Flasken derefter afkøledes med Mundingen under Vand, fortættedes Dampen atter til Væske, der indtager et mangfoldige Gange mindre Rum end Dampen, og Luftens Tryk paa Vandet udenfor Flasken vil da tvinge Vandet til at trænge op og udfylde Flasken. Savery sluttede nu, at man kunde benytte dette Forhold til Vandløftning i Kulgruberne, og fra dette Udgangspunkt udtænkte han saa sin Maskine, paa hvilken han fik Patent i 1698.

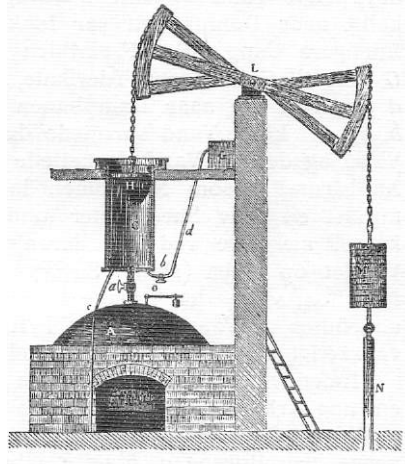


Fig. 9. Newcomens Dampmaskine.

Snart efter konstruerede imidlertid en Jærnhandler Newcomen (njukomen) sammen med en Glarmester Cawley (kaali) til Dels paa Grundlag af Papins Ideer en Dampmaskine, der var meget bedre end Saverys. Da Saverys Patent betegnede hans Damppumpe som en Maskine, i hvilken man ved Damp tilvejebragte et lufttomt Rum, og Newcomens Maskine faldt ind under denne Betegnelse, skønt den ellers var meget forskellig fra Saverys, maatte de ny Opfindere gaa i Kompagni med denne, og alle tre fik saa 1705 i Fællesskab Patent paa deres forbedrede Dampmaskine, hvis Indretning ses af Fig. 9.

Fra Dampkedlen *A* fører et Rør med en Hane *a* op til Cylinderen C, hvori Stemplet *H* kan bevæge sig damptæt; Stemplet er ved en Kæde forblindet med Vippen *L,* som bærer en Modvægt *M,* hvortil Pumpestangen *N* er befæstet. Dampen ledes ind i Cylinderen, naar Stemplet er i sin nederste Stilling, og Modvægten hæver da Stemplet, medens Rummet under det fyldes med Damp. Har Stemplet naaet sin øverste Stilling, lukkes Damphanen *a.* I de ældste Maskiner ledede man dernæst en Strøm af koldt Vand fra Beholderen *G*

ned omkring Cylinderen, saa at den afkøledes hurtigt. Herved fortættes Dampen i dens Indre, og dette vil have til Følge, at den ydre Lufts Tryk tvinger Stemplet ind i Cylinderen, ligesom det i Saverys Forsøg tvang Vandet ind i Flasken, naar Dampen i den fortættedes. Idet Stemplet gaar ned ad, trækker det Modvægten og Pumpestangen til Vejrs. Det er altsaa egentlig ikke Dampen, der besørger Arbejdet i denne Maskine, men derimod Lufttrykket, og Maskinen kaldes derfor den atmosfæriske Dampmaskine.

Et Tilfælde ledte Newcomen ind paa en vigtig Forbedring af Maskinen. En Dag gav den sig tilsyneladende uden Grund til at gaa hurtigere end sædvanlig, og ved en nærmere Undersøgelse opdagedes det, at der dryppede noget Vand ned i Cylinderen fra et Vandlag, som var anbragt over Stemplet for at holde det vandtæt; det neddryppende Vand fortættede Dampen under Stemplet næsten øjeblikkelig, naar Damphanen var lukket, og dette var Aarsagen til den hurtigere Gang. For Fremtiden lededes derfor det kolde Vand fra *G* ikke til Cylinderens Yderflade, men til dens Indre (gennem Røret *d* paa Fig. 9); naar Damphanen var blevet lukket, aabnedes Hanen *b,* og det kolde Vand sprøjtede da ind i Cylinderen. Det indsprøjtede Vand og den til Vand fortættede Damp maatte saa fjærnes gennem Afløbsrøret c, som Newcomen lod udmunde i et Vandkar, der laa mindst en halv Snes Meter under Cylinderens Bund. Var Vandkarret nærmere ved Cylinderen, vilde den ydre Lufts Tryk presse Vandet op i den (som i Saverys Forsøg), og udmundede Røret frit i Luften, vilde der trænge Luft ind i Cylinderen. Naar Maskinen anvendtes til Vandpumpning i Kulgruberne, var det i Reglen ikke vanskeligt at skaffe en tilstrækkelig dybt liggende Vandbeholder.

Inden vi forlader Newcomens Dampmaskine, maa vi endnu nævne en ung Arbejder, der har Æren af en meget væsentlig Forbedring ved den. Naar Maskinen skulde virke paa rette Maade, maatte Hanerne paa Rørene *a, b* og c aabnes og lukkes i de rette Øjeblikke. Ved en Maskine i Wolwerhampton havde man sat en stor Dreng ved Navn Humphrey Potter til at udføre dette yderst ensformige Arbejde; naturligvis fandt han ikke Behag i denne Beskæftigelse, men i Stedet for at sløves derved, brugte han sine Øjne og sine Tanker for at finde paa Udveje. Han opdagede da, at Hanerne skulde drejes, naar Vippen stod i bestemte Stillinger, og ved at føre Snore fra Hanerne til Vippen lykkedes det ham at faa denne til at udføre Arbejdet for ham, og Arbejdet blev oven i Købet udført regelmæssigere paa denne Maade. Potter havde saaledes gjort Maskinen selvstyrende, og hans Opfindelse indførtes snart overalt, idet man dog ombyttede Snorene med et solidere Styretøj.

Newcomens Maskine led endnu af mange slemme Mangler, og der var en meget lang Vej fra denne Maskine og til den Dampmaskine, der i Løbet af forrige Aarhundrede saa at sige har omformet Verden. Hele denne Vej blev imidlertid tilbagelagt af en enkelt Mand, Englænderen James (djæms) Watt, gennem en Række Opfin-

delser, af hvilke hver enkelt vilde være tilstrækkelig til at skaffe hans Navn en anset Plads i Dampmaskinens Historie.

Før Watts Tid havde der ikke ved Udviklingen af Dampmaskinen fundet nogen nøje Samvirken Sted mellem Videnskab og Teknik. Papin havde vel Interesse baade for den videnskabelige og praktiske Side af Sagen, men han forbandt ikke med sin store Iderigdom den Grundighed og Taalmodighed, der krævedes til den fuldstændige Gennemarbejdelse af en Sag. Savery, Newcomen og Cawly havde ingen videnskabelig Uddannelse og lededes blot af de praktiske Erfaringer. Og de engelske Fysikere viste kun ringe Interesse baade for de sidstnævntes og for Papins Planer; NewTtons store Opdagelser angaaende Lysets Natur og de Love, der styrer Legemernes Bevægelse her paa Jorden og i Himmelrummet, havde foreløbig lagt saa stærkt Beslag paa Fysikernes Opmærksomhed, at de ikke beskæftigede sig meget med Varmen og dens Virkninger.

James Watt (1736—1819) var paa en Gang den snildrige Tekniker og den grundige Naturforsker, der ved Studium og egne Forsøg arbejdede sig frem til fuld Forstaaelse af, hvad han havde at gøre med. Rigtignok havde han paa intet af disse Omraader fulgt de slagne Veje; sine Kundskaber og sin Dygtighed havde han tilkæmpet sig næsten helt paa egen Haand til Dels endog paa Trods af de gældende Læreplaner; men dette kan kun forøge vor Beundring for hans Person og hans Værk. Allerede som Barn lagde han en overordentlig Videbegærlighed og Lærelyst for Dagen; han lyttede opmærksomt til de voksnes Tale og forstod den store Kunst at spørge; han læste Naturbeskrivelser og Naturhistorie og foretog Udflugter i Omegnen for at nyde Naturens Skønhed og for selv at se og opleve det, han læste om; han interesserede sig tillige stærkt for mekaniske Ting og prøvede ofte med Held at efterlave de Maskiner, han læste om.

Fig. 10. James Watt.

Tiden indtil sit attende Aar tilbragte han i den lille skotske By Greenock, hvor hans Fader oprindelig var en velstaaende Borger, men senere ved uheldige Handelsspekulationer mistede sin Formue. Skønt James ingen planlagt Undervisning fik i sin Ungdom, spildte han ikke Tiden, men studerede med Iver og Grundighed de mest forskellige Ting, ikke blot Naturfag og Matematik, men ogsaa Historie og Poesi. Da han endelig skulde ud i Verden, valgte han imidlertid ikke at studere, men kom efter eget Ønske i Instrumentmagerlære i Glasgow. Her var dog ikke meget at lære, og han rejste derfor til London og søgte at komme ind paa et Værksted; men det var vanskeligt nok, da Lavsbestemmelserne fordrede en Læretid af 7 Aar, hvad han ikke vilde gaa ind paa. Tilsidst blev han for en

Sum Penge oplaget for et Aar paa et større Værksted; og dette Aars Læretid var for Watt tilstrækkelig til, at lian kunde forlade London som en dygtig Instrumentmager, men rigtignok, paa Grund af den ovennævnte Lavsbestemmelse, uden Lærebrev. Som Følge heraf kunde han ikke virkeliggøre sin Plan om at oprette et Instrumentniagerværksted i Glasgow. Alligevel blev han i denne By, da Universitetet her tilbød ham en Stilling som Konservator ved dets Samlinger, og i Ly af dets Privilegier kunde han holde Værksted og Butik som Universitetets Instrumentmager.

Denne Stilling blev af stor Betydning for James Watts Fremtid. Professorer og Studenter opdagede snart hans sjældne Evner og

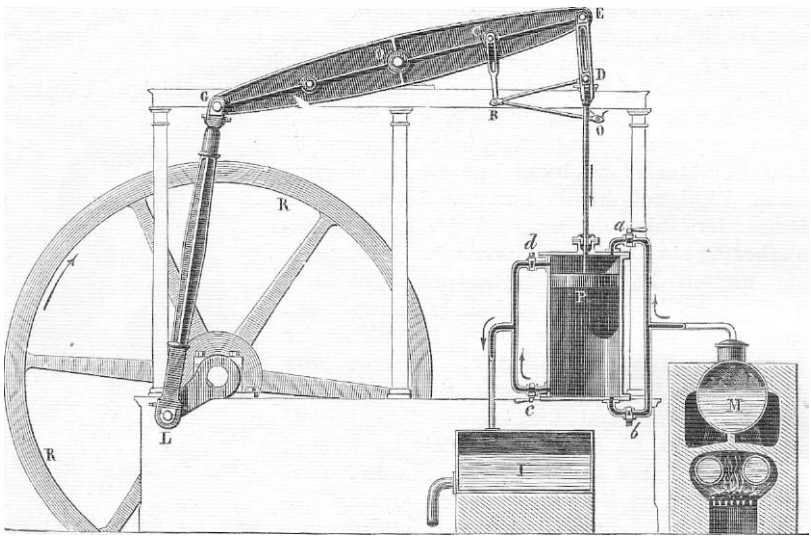


Fig 11. Hovedtrækkene af Watts Dampmaskine.

drog Nytte af de Kundskaber og den Energi, han sad inde med; fik han et Spørgsmaal, han ikke kunde klare, gik han end ikke af Vejen for at lære et fremmed Sprog for at kunne studere Værker om Sagen. Han blev Ven med den kemiske Professor Black, der havde foretaget Undersøgelser over Vanddamp, og da Watt en Gang fik Universitetets Model til en Newcomensk Maskine til Reparation, blev han selv ført ind paa en Række Undersøgelser over Vanddampes Tryk ved forskellige Varmegrader. Dette blev Indledningen til en lang Aarrækkes ihærdige Arbejde, der endte med Fuldførelsen af det 18. Aarhundredes tekniske Storværk: Watts dobbeltvirkende Dampmaskine.

Fig. 11 viser i Hovedtrækkene Indretningen af denne Maskine, og idet vi sammenholder denne Afbildning med Afbildningen af New-

comens Maskine Fig. 9, S. 11, kan vi let faa Øje paa nogle af de indgribende Forandringer, Watt har indført. I Newcomens Maskine maatte man. hver Gang Stemplet skulde gaa ned, afkøle Cylinderen med koldt Vand for at fortætte Dampen under Stemplet; naar der nu atter lededes Damp ind i Cylinderen, medgik der en stor Del Damp alene til at opvarme dens kolde Vægge. Watt fandt imidlertid, at man helt kunde undgaa denne Afkøling af Cylinderen, naar man ved et Rør med en Hane satte denne i Forbindelse med en lufttom Beholder med koldt Vand, den saakaldte Kondensator eller Fortætter. Naar Dampen skulde skaffes bort af Cylinderen, aabnede man blot for Røret til Kondensatoren, og Dampen strømmede da ned i denne og fortættedes her af det kolde Vand næsten ligesaa hurtigt, som om Vandet var sprøjtet ind i selve Cylinderen. I Fig. 11 er *I* Kondensatoren; naar Hanen *c* er aaben, kan Dampen under Stemplet strømme derned ad den Vej, Pilene viser, og en nedadgaaende Revægelse af Stemplet vil da kun møde en meget ringe Modstand. I Forbindelse med Kondensatoren anbragte Watt to Pumper (som ikke er tegnede paa Figuren), af hvilke den ene førte koldt Vand til Kondensatoren, medens den anden udpumpede Fortætningsvandet samt den Luft, som fulgte med Vandet; disse Pumper trækkes af Maskinen selv, men hertil medgaar ikke synderligt Arbejde.

Allerede Indførelsen af Kondensatoren betegner et overordentligt Fremskridt, men Watt blev ikke staaende herved. I Newcomens Maskine var det jo den ydre Luft, der trykkede Stemplet ned; idet den kolde Luft saaledes for hvert Stempelslag strømmede ned i Cylinderen, afkøledes denne, og selv om Afkølingen ikke var saa stærk som den, der foraarsagedes af det indsprøjtede Vand, gav den dog ogsaa Anledning til et betydeligt Varmetab. Watt lod derfor den varme Damp fra Kedlen besørge Stemplets Nedtrykning i Stedet for den kolde Luft. Cylinderen maatte i den Anledning lukkes foroven med et tætsluttende Laag, i hvilket en til Stemplet fastgjort Stang bevægede sig damptæt. Herved opnaaedes det tillige, at Stemplet kunde trykkes ned med større Kraft, thi naar Varmegraden i Kedlen blot er en Snes Grader højere, end Vandets Kogepunkt er i et aabent Kogekar, vil Dampens Tryk være omtrent dobbelt saa stort som Luftens Tryk paa en Flade af samme Størrelse.

I Fig. 11 ser man, at Dampen fra Kedlen *M* kan strømme ind over Stemplet, naar Hanen *a* er aaben. Naar Hanerne *a* og *c* er aabne, men de andre Haner (b og d) lukkede, vil Stemplet altsaa trykkes nedad med stor Kraft og ikke møde nogen Modstand fra neden. Aabnes derimod Hanerne *b* og *d,* medens *a* og c er lukkede, vil Dampen fra Kedlen strømme ind under Stemplet og drive det til Vejrs, idet Dampen over Stemplet gaar ned i Kondensatoren.

Dampens Tryk driver altsaa Stemplet frem, baade naar det gaar op, og naar det gaar ned; Maskinen kaldes derfor dobbeltvirkende. Stempelstangen forbindes desuden med Vippen ikke ved en Kæde

som i Newcomens Maskine, men ved saadanne Ledforbindelser, at Kraften overføres til Vippen baade ved den opadgaaende og ved den nedadgaaende Bevægelse; Vippens anden Ende sættes ved »Plejlstangen« ***GL*** i Forbindelse med den saakaldte Krumtap, der fra ***L*** gaar ind til en Aksel og drejer denne rundt. I de to Stillinger, hvori Krumtappen har samme Retning som Plejlstangen, vil Tryk og Træk **i** denne kun fremkalde Tryk og Træk **i** Akslen, men ingen Drejning, et stort, tungt Hjul, Svinghjulet ***R,*** hjælper imidlertid Maskinen udover disse »døde Punkter«, da det ikke pludselig kan standse sin Fart; Svinghjulet vil i det hele taget bidrage til at gøre Bevægelsen jævnere.

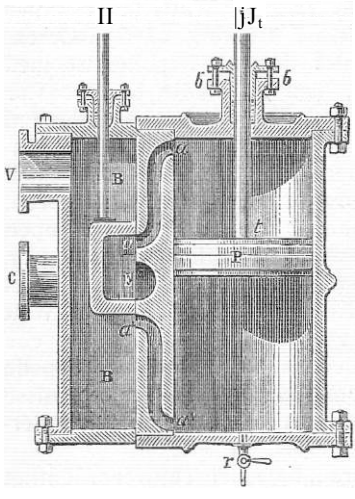


Fig. 12. Gennemsnit af en Dampcylinder med Glider.

I Virkeligheden ledte Watt ikke Dampen til og fra Cylinderen gennem de fire Rør med Hanerne *a, b, c* og *d,* som ses paa Fig. 11; han opfandt en særlig Mekanisme, den saakaldte Glider, der kunde besørge dette Arbejde. Fig. 12 viser en af de Former, man i den nyere Tid har givet Watts Glidermekanisme. Opad Dampcylinderens ene Væg' er anbragt en Kasse *BB,* Gliderkassen, i hvilken en Slags Skaal, Glideren, føres op og ned med sin planslebne Rand mod Cylinderens Væg; i denne findes to Kanaler *aa* og *a′a′* samt en tredje Udskæring, der staar i Forbindelse saavel med Gliderens Hulrum som med Røret C. Dampen fra Kedlen kommer ind i Gliderkassen ved Røret *V* og gaar ved den Stilling af Glideren, som Figuren viser, ind under Stemplet, medens Dampen over dette kan gaa ind i Gliderens Hulrum *E* og derfra gennem Røret C ned i Kondensatoren; Stemplet drives altsaa til Vejrs. Flyttes Glideren et Stykke ned, kommer Dampen fra Kedlen ind over Stemplet, medens Dampen under dette kan gaa til Kondensatoren. Maskinen sørger selv for, at Gliderens Flytning foregaar i de rette Øjeblikke.

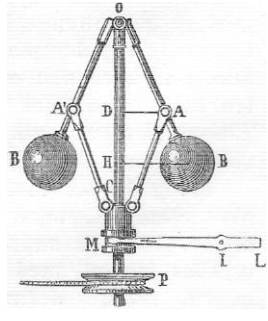


Fig.l 3. En Centrifugalregulator.

Watt indrettede endvidere Maskinen saaledes, at den selv regulerede sin Hastighed, idet han indførte den saakaldte Centrifugalregulator (Fig. 13), der tidligere havde været anvendt i Kornmøller. Den lodrette Aksel HD drejes ved Snorløb

rundt af Maskinakslen, og de to tunge Kugler *BB* vil da svinge des mere ud, jo større Hastigheden er. Ved Kuglernes Udsving løftes Hylstret *M,* som kan glide om den lodrette Aksel; derved drejes Vægtstangen *MIL,* der staar i Forbindelse med en Ventil i Damprøret. Vokser Maskinens Fart, enten fordi Dampudviklingen bliver for stærk, eller fordi der kræves mindre Arbejde af Maskinen, vil denne Ventil drejes saaledes, at den slipper mindre Damp ind til Cylinderen, og Stemplet vil derfor gaa langsommere.

Endelig kan det nævnes, at Watt opfandt et Apparat, den saakaldte Indikator, der kan angive og optegne Dampens Tryk paa Stemplet i dets forskellige Stillinger, saa at man kan se, om Dampen virker, som den skal, og tillige bliver i Stand til at beregne det Arbejde, den udfører.

I Begyndelsen af Firserne havde Watt i det væsentlige fuldendt sin dobbeltvirkende Dampmaskine, men inden han naaede saa vidt, maatte han overvinde en stor Mængde Vanskeligheder baade af teknisk og økonomisk Natur. Dels for at faa mere Tid til at arbejde med Dampmaskinen, dels fordi han giftede sig og af den Grund maatte skabe sig større Indtægter, opgav han i Tresserne sin Stilling ved Universitetet og paatog sig i Stedet Landmaaler- og Ingeniørarbejder, medens han i sin Fritid syslede med sin Maskine, hvoraf han kun havde en Model. Det lykkedes ham at komme i Forbindelse med en Rigmand, Dr. Roebuck, der lod bygge en stor Maskine efter Watts Planer; men da Roebuck snart efter ved andre Foretagender havde sat sin Formue til, og Watt selv havde forbrugt sine faa Sparepenge, maatte han foreløbig opgive Haabet om at faa sine Planer virkeliggjorte. I 1773 fik han imidlertid fra den dygtige og velhavende Jærnvarefabrikant Roulton i Soho ved Rirmingham det Tilbud, at de i Fællesskab skulde genoptage Arbejdet paa Dampmaskinens Forbedring, og her fik Watt endelig gunstige Forhold at arbejde under. I Begyndelsen var det vanskeligt nok for Watt og Boulton at faa Mineejerne Lil at anskaffe deres Maskine, da den var meget dyrere end Newcomens; men de tilbød saa at anbringe Maskinen uden Betaling, blot skulde de have Tredjedelen af de Kul, som Mineejerne sparede ved at ombytte Newcomens Maskine med den nye. Mineejerne fortrød sikkert ikke Byttet, men maaske undertiden nok den Form, Kontrakten havde faaet ved deres Tøven; thi Firmaet stod sig godt derved: fra en enkelt Grube fik det saaledes aarlig 45 000 Kr.

I en Alder af halvhundrede Aar havde Watt den Lykke at kunne se tilbage paa det, der havde været hans Livs Maal, som et fuldbragt Værk. Han oplevede de to første Aartier af det Aarhundrede, for hvis Udvikling han har haft en Betydning, som ingen anden Mand, og han fik saaledes set Begyndelsen til den Omvæltning, Dampmaskinen skulde frembringe i alle Forhold. Naturligvis tilbragte han ikke Resten af sit Liv i Lediggang, han syslede blandt

andet meget med videnskabelige Arbejder, og han var en søgt Raadgiver i de forskelligste Sager for den store Kreds, han samlede om sig.

Ved Watts Dampmaskine blev det muligt at udnytte den uhyre Skat af Arbejdskraft, som i Form af Stenkul gemmes i Jordens Skød, til Gavn for Menneskeslægten. Og denne Form for Arbejdskraft har den store Fordel fremfor Vind- og Vandkraften, at den virker lige godt enten det blæser eller er stille, enten der er Tørke eller Vandflom. Den kan endvidere bringes til det Sted, hvor man har Brug for den og føres med som Drivkraft ved Rejser over Hav og Land. Og Dampmaskinen var allerede fra Watts Haand saa fuldkommen, at den kunde anvendes til de mest forskelligartede For-

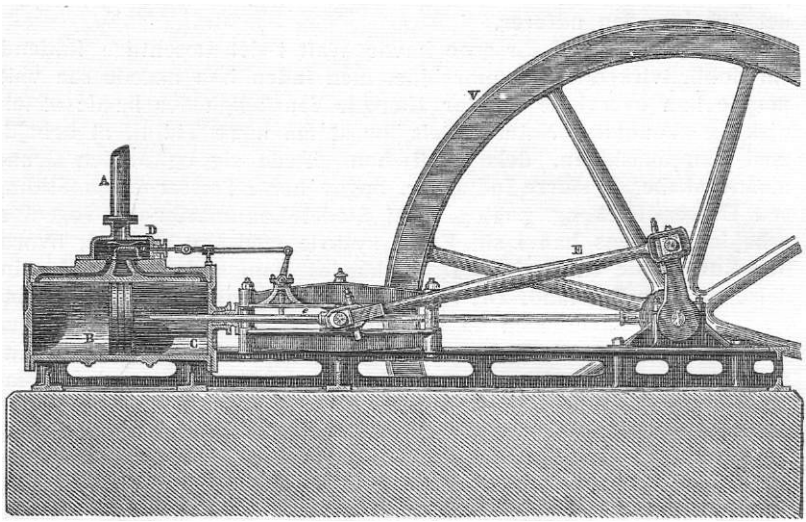


Fig. 14. En Højtryksmaskine.

maal uden indgribende Forandringer. En af de væsentligste Forandringer, som man har indført ved de fleste Dampmaskiner paa Landjorden, bestaar deri, at man har udeladt Kondensatoren og lader den brugte Damp strømme umiddelbart ud i Luften; Stemplet maa saa under sin Bevægelse overvinde Lufttrykket; men naar man giver Dampen i Kedlen saa høj Varmegrad, at dens Tryk bliver mange Gange større end Lufttrykket, bliver denne Ulempe ringe og opvejes rigeligt af den større Simpelhed i Konstruktionen ved disse »Højtryksmaskiner«. Dette kan dog næppe kaldes en ny Opfindelse; thi Watt vidste naturligvis godt, at man kunde undvære Kondensatoren, men han foretrak at beholde den og saa arbejde med lavere Damptryk, som bedre kunde taales af de Kedler og Maskiner, man den Gang kunde fremstille.

Man kan i det hele taget sige om næsten alle de Forandringer, senere Tider har indført ved Kedel eller Maskine, at selv om Watt havde haft Ideen til dem, vilde han ikke have brugt den, enten fordi den ikke lod sig udføre paa en praktisk, solid og billig Maade ved Datidens ufuldkomne Teknik, eller fordi den ikke passede for de Anvendelser, man den Gang kunde vente, at Dampmaskinen vilde faa i den nærmeste Fremtid. Nutidens mægtige og indviklede Dampskibsmaskiner, hvor man lader Dampen passere flere Cylindre efter hinanden for at faa udnyttet dens Varme saa fuldstændigt som muligt, kunde naturligvis slet ikke være byggede for hundrede Aar siden.

Da Watts Dampmaskine mange Steder afløste Hestegangen, blev det Skik at udtrykke dens Arbejdsydelse i »Hestekræfter«. En engelsk Brygger, der stod i Begreb med at ombytte sin Hestegang med en Dampmaskine, vilde forinden undersøge, hvor meget en Flest kunde udrette. Han spændte da en kraftig Bryggerhest for Hestegangen, der drev en Pumpe; naar Hesten arbejdede strængt, kunde den i hvert Sekund udrette et Arbejde af omtrent 75 »Kilogrammeter;!, det vil sige, den kunde hæve 75 Kilogram Vand 1 Meter (eller 15 Kg. 5 M.). En Arbejdsydelse af denne Størrelse har man derefter betegnet som en Hestekraft (H. K.), og selv om det er adskilligt mere, end en almindelig Hest kan yde ret lang Tid ad Gangen, endsige Døgn efter Døgn uden Hvil som Dampmaskinen, kan Angivelsen af det Antal Hestekræfter, en Dampmaskine raader over, dog give en vis Forestilling om Maskinens Styrke. Man maa imidlertid skelne mellem den »indicerede Hestekraft«, der er et Udtryk for Dampens Arbejdsydelse i Cylinderen, og den »effektive Hestekraft«, der bestemmes af den Mængde Arbejde, som Maskinens Aksel afgiver i Sekundet til Arbejdsmaskinerne; det sidste Arbejde er mindre end det første, da en Del af Dampens Arbejde gaar med til Overvindelse af Gnidningsmodstand m. m. i selve Dampmaskinen.

Medens Dampmaskinen har været Hovedbetingelsen for Industriens og Samfærdselens mægtige Vækst i det 19. Aarh., har det været vanskeligt for den at trænge ind paa Landbrugets Omraade. Naar Dampkraften nu næsten overalt i Danmark skummer Mælken og kærner Smørret, er Mælkerivirksomheden jo samtidig de fleste Steder udskilt fra Landbruget som en Industrigren, der dog økonomisk ledes af Landmændene selv. I det egentlige Landbrug benyttes bevægelige Dampmaskiner, de saakaldte Lokomobiler, meget til Tærskning, men til selve Markarbejderne har Dampkraften kun i meget faa Tilfælde fundet Anvendelse i Norden. Derimod er Dampploejning ret almindelig i flere Egne af Tyskland og andre Lande. Til at begynde med udførtes Pløjningen altid ved Hjælp af to Lokomobiler, der opstilledes ved hver sin Ende af Marken og skiftevis trak Ploven til den ene eller den anden Ende ved Hjælp af et Staaltraadstov, der rulledes op paa en Tromle under Lokomobilet; efterhaanden som Pløjningen skred frem, flyttedes Lokomobilerne. Arbejdet kan

imidlertid ogsaa udføres af et enkelt Lokomobil, der bliver staaende paa samme Sted; fra Lokomobilet føres saa Tove hen over fire Tromler, af hvilke de to er fast anbragte ved Markens Hjørner, medens de to andre, fra hvilken Ploven trækkes, kan flyttes (se Fig. 15).

I den nyeste Tid har man konstrueret Damplokomotiver, der vandrer hen over Marken og trækker Ploven •— eller andre Markredskaber — efter sig.

Man har med god Grund betegnet det 19. Aarh. som Dampmaskinens Aarhundrede; men meget lyder paa, at det nye Aarhundrede

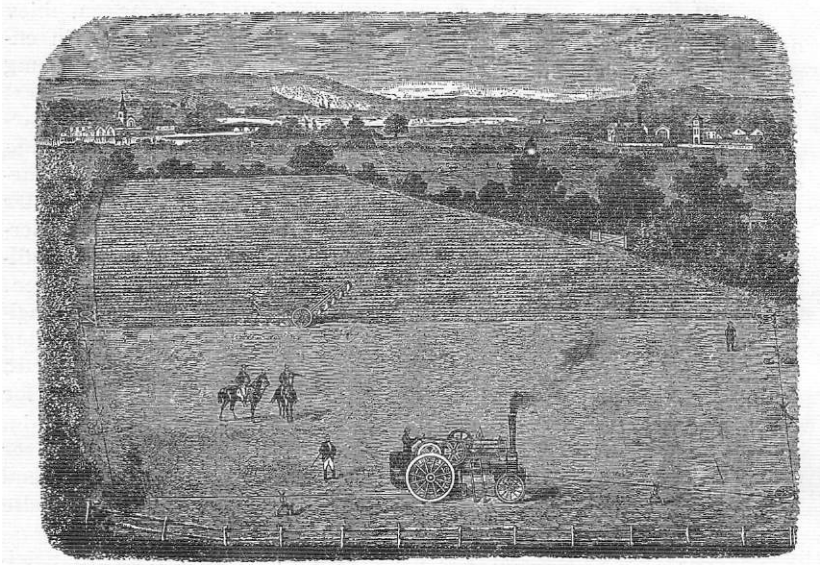


Fig. 15. Dampløjning.

vil anvise Dampmaskinen en noget beskednere Plads blandt Kraftmaskinerne.

Den har blandt andet faaet en ikke ubetydelig Medbejler i Gas- og Petroleumsmaskinerne, der i de senere Aar har vundet en overordentlig Udbredelse. Den første Gasmaskine eller Gasmotor konstrueredes 1860 af Franskmanden Lenoir. Den lignede meget Dampmaskinen, men Trykket paa Stemplet frembragtes derved, at en Blanding af Gas (Kulgas) og Luft lededes ind i Cylinderen og antændtes ved en elektrisk Gnist eller en lille Flamme; Luftblandingen eksploderede da og drev Stemplet frem. Senere opfandt den tyske Ingeniør Otto en Gasmotor, der i visse Henseender minder om den gamle Newcomenske Dampmaskine; Cylinderen er nemlig ved Ottos Maskine aaben i den ene Ende, saa at Stemplet kun kan

paavirkes af den eksploderende Gas fra den ene Side, medens den anden Side altid er i Berøring med den ydre Luft.

I Reglen gør Akslen og Svinghjulet to Omdrejninger for hver Eksplosion, og man siger da, at Motoren har en Firetakts-Gang. Under de to Omdrejninger foregaar der nemlig følgende: 1) Stemplet gaar frem og suger en passende Blanding af Gas og Luft ind i Cylinderen, 2) Stemplet gaar tilbage og sammentrykker Luftblandingen. 3) Gassen tændes, eksploderer og driver Stemplet frem. 4) Stemplet gaar tilbage og jager Forbrændingsprodukterne ud af Cylinderen, som derefter kan modtage n ny Forsyning. — Da Svinghjulet skal holde Maskinen i Gang under Bevægelserne 4), 1) og 2), idet Drivkraften kun virker under Bevægelsen 3), maa Svinghjulet være temmelig tungt.

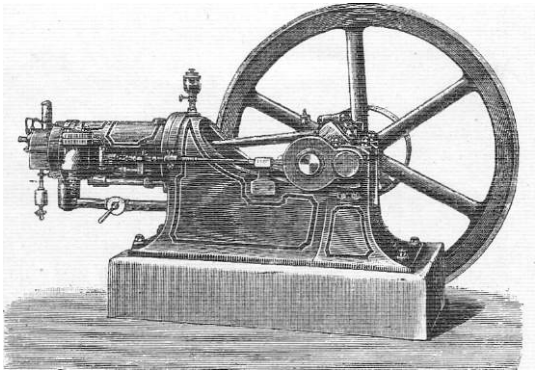


Fig. 16. En Petroleumsmotor.

En Petroleumsmotor er indrettet paa ganske samme Maade; blot blandes Lutten her ikke med Kulgas, men med Petroleumsdamp, der tilvejebringes i et særligt Fordampningsrum. I begge Slags Motorer — der kan sammenfattes under Benævnelsen Eksplosionsmotorer — ophedes Cylinderen stærkt og maa derfor afkøles ved en Vandstrøm eller for de smaa Motorers Vedkommende ved en Luftstrøm.

En Dampmaskine, der foruden den egentlige Maskine skal have et Fyrsted med Skorsten og en Dampkedel med betydelige Vandmængder, maa altid blive et stort og klodset Apparat i Forhold til disse Motorer. Endvidere maa man fyre længe under en Dampkedel, inden Vandet bliver saa varmt, at Dampen kan drive Maskinen, og herved spildes baade Kul og Tid. I adskillige Fabriksvirkvirksomheder kan det næppe engang betale sig at fyre op under Kedlen for en enkelt Dag (f. Eks. mellem to Fridage). Petroleumsmotorer kan derimod sættes i Gang næsten uden Varsel; ved de almindelige faste Maskiner paa nogle faa Hestes Kraft er 10—15 Minutter i Reglen nok til Igangsætningen. Petroleumsmotorer kan dertil bygges saa smaa, at de med Lethed kan anbringes paa en Bicykle, og dog kraftige nok til at udvikle en Hestekraft eller mere.

Disse Motorer kan derfor trænge ind paa mange Omraader, fra hvilke Dampkraften helt eller delvis er udelukket. De egner sig

udmærket for en Mængde Virksomheder, der ofte har Brug for en lille Drivkraft paa nogle faa Hestes Kraft, og de har muligvis en stor Fremtid som Motorer for Vogne og Cykler. Ogsaa til at føre Landbrugsmaskiner hen over Marken vil de vel snarere kunne anvendes end de tunge Dampmaskiner. Fig. 17 viser en amerikansk Slaamaskine, der er forsynet med en saadan Motor og ved dens Hjælp selv kan vandre hen over Marken.

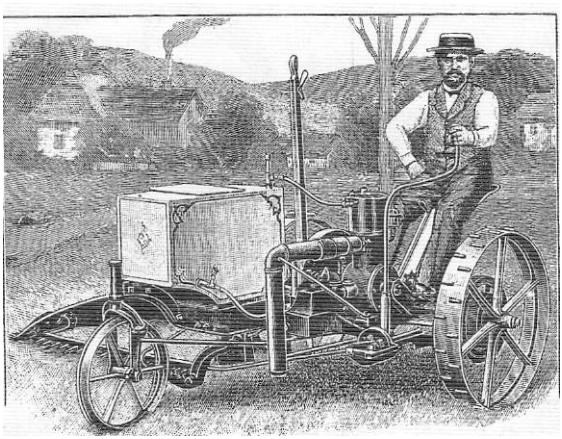


Fig. 17. En Slaamaskine med Petroleumsmotor.

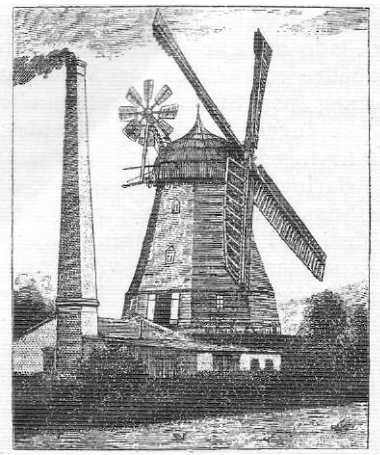
Gasmotorer er ligesom Petroleumsmotorerne indførte i adskillige Smaavirksomheder, paa Steder, hvor der er let Adgang til Gas. I mange Tilfælde opstiller man ogsaa særlige smaa Gasværker til Drift af Gasmotorer.

Ved mægtige Gasmotorer, undertiden paa over 1000 Hestekræfter, udnytter man flere Steder den Gas, der udvikles i de store Jærnudsmeltningsovne — Højovnene —, og som i ældre Tid gik til Spilde. Ogsaa Petroleum benyttes nu undertiden som Drivkraft for meget kraftige Motorer. Ved den nyeste Udvidelse af Elektricitetsværket i Kjøbenhavns Frihavn har man saaledes i Stedet for nye Dampmaskiner anskaffet to »Dieselmotorer«, der bruger Raapetroleum som Drivkraft.

Til mindre Petroleumsmotorer bruges forskellige Produkter af den raa Petroleum, blandt andet Benzin, der fordamper meget let. Men forøvrigt forsøger man med større eller mindre Held at anvende forskellige andre Stoffer — Spiritus, Acetylen, Brint o. fl. — i Eksplosionsmotorer. Spiritusmotorer har navnlig vundet megen Udbredelse i Tyskland.

For Vandkraften og Vindkraften har den nyere Tids stærke Udvikling paa Elektricitetens Omraade aabnet rige Muligheder, som vil blive omtalt i det følgende Afsnit. Her skal blot nævnes nogle af de vigtigste Fremskridt, der efter Dampmaskinens Opfindelse har fundet Sted med Hensyn til selve Kraftmaskinernes Konstruktion.

Den hollandske Vejrmølle med fire Vinger og drejelig Hat er ogsaa i Nutiden Typen for de fleste større Møller. Men ofte bærer Hatten foruden det store Vindfang et lille Vindfang paa en Aksel, der



Flg. 18. En Vejrmølle i Nutiden.

er vinkelret paa Vindretningen, naar Møllevingerne vender lige mod Vinden. Drejer Vinden sig lidt, vil det lille Vindfang løbe rundt og denne Bevægelse benyttes til en Drejning af Hatten, hvorved Møllevingerne atter bringes til at vende mod Vinden; en Mølle, ved hvilken Vinden saaledes selv indstiller Vingerne paa rette Maade, kaldes en »Selvkrøjer . Endvidere kan en Mølle indrettes som »Selvsvikker«. Vingefladen dannes da af »Vindbrædder«, der lukkes med Styrestænger; disse Stænger er mekanisk forbundne med en »Ladestoks, der gaar gennem den hule Mølleaksel. Naar Vinden er svag, vil et Lod, der virker paa Ladestokken, lukke Vindbrædderne til, saaledes at Vindfladen bliver en sammenhængende Flade; stærk Blæst eller pludselige Vindstød vil derimod aabne Vindbrædderne mer eller mindre, Møllens Bevægelse vil derved blive noget mindre afhængig af Vindstyrken, og Vingerne vil ikke let løbe løbsk i Storm, ja Stormen kan endog aabne Vindbrædderne helt, saa at Møllen gaar i Staa. Ved Statens Forsøgsmølle i Askov indtraf dette en Gang samtidig med, at en Mølle i Nærheden med faste Sejl paa Vingefladerne, løb løbsk, sprængte en Bjælke og dræbte en Mand.

En helt anden Form har Vindfanget paa de amerikanske Vejrmøller, som i de senere Aar har vundet megen Udbredelse i Europa. Dette Vindfang — Vindrosen — dannes, som Fig. 19 viser, af en stor Mængde Brædder, der udfylder Størstedelen af den kredsformede Flade, Vindfanget spænder over; Vindrosen holdes undertiden

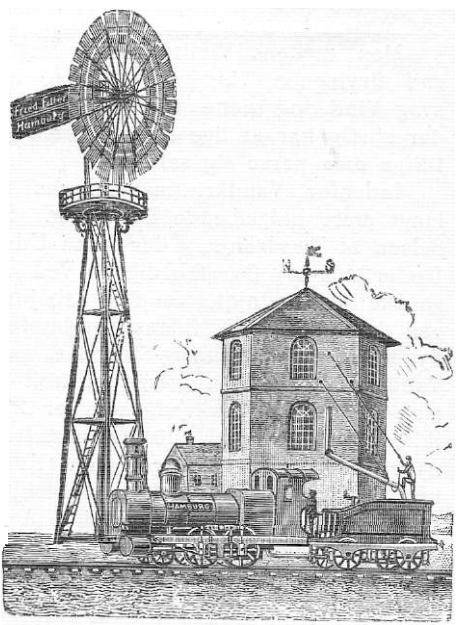


Fig. 19. En amerikansk Vejrmølle.

vendt mod Vinden af en stor Vindfløj, som vist paa Figuren. — Da Vinden ved Vindroserne faar en stor Flade at virke paa, skulde man tro, at de vilde udnytte Vindkraften bedre end et firvinget Vindfang af samme Diameter. En Række Forsøg paa Statens Forsøgsmølle har imidlertid godtgjort, at dette paa ingen Maade er Tilfældet; tværtimod viste disse Forsøg, at det flrvingede Vindfang, som man er naaet til gennem Aarhundreders Erfaring, nærmer sig meget til Idealet af et Vindfang, vel at mærke, naar det er formet rigtigt og faar Lov at løbe med tilstrækkelig Hastighed (Vingespidsens Hastighed omtrent $2^1/_2$ Gange Vindens). Et saadant Vindfang vil nemlig under Bevægelsen modtage Arbejdskraft ikke blot fra den Luft, der træffer Vingerne, men ogsaa fra den, der passerer imellem dem; thi den Luft, som i et vist Øjeblik befinder sig tæt bag en Vinge og altsaa lige er sluppet igennem Vindfanget, inden Vingen kom i denne Stilling, faar ikke Lov at gaa videre med sin oprindelige Fart. Der dannes nemlig bag Vingen et Rum, hvor Luften er fortyndet, dens Tryk altsaa ringe; herved holdes Luftdelene bagvingen noget tilbage, og samtidig vil det lave Lufttryk bag den skraa Vingeflade ligesaa vel som det høje Lufttryk, Vinden frembringer paa Forsiden af Vingefladen, bidrage til Vingens Fremdrift. At Vinden ikke kan gaa gennem Mellemrummene mellem Vingerne, naar de er i Bevægelse, uden saa at sige at blive anholdt bagfra, giver sig ogsaa til Kende derved, at der er mere Læ bag en Mølle, naar den gaar, end naar den staar stille.

Men medens Vindroserne udretter forholdsvis mindre Arbejde end flrvingede Vindfang, kan de lettere holde sig i Gang ved en svag Vind, og dette kan være en Fordel ved mange Smaamøller, der stadig har et lige haardt Træk (f. Eks. ved Pumpning), og som tillige maa passe sig selv.

Indenfor Vandkraftmaskinernes Omraade er der foregaaet en langt mere indgribende Udvikling. Størst Betydning har her Opfindelsen af Turbinen, der i vid Udstrækning har afløst de gamle Underfalds- og Overfaldshjul. Ved den sidste Slags Hjul kan man ganske vist udnytte Vandets Arbejdskraft ligesaa fuldstændigt som ved de bedste af Nutidens Vandmotorer; men disse Vandhjul maa bygges af kæmpemæssig Størrelse, naar de skal udnytte en betydelig Vandkraft, og navnlig ved et højt Vandfald. Paa den engelske 0 Man findes et Vandhjul, som er 22 Meter i Tværmaal, men dog ikke yder mere end 200 Hestekræfter; hvor det, som ved mange nyere Kraftanlæg, drejer sig om Udnyttelsen af flere tusinde Hestekræfter, vilde Brugen af Overfaldshjul være ganske upraktisk.

Noget før Midten af det 19de Aarhundrede gav den franske Ingeniør Fourneyron en praktisk Løsning af den Opgave at udnytte et højt Vandfalds Kraft ved et lille Vandhjul, og et Anlæg af denne Art, som han udførte i St. Blasien i Schwarzwald, vakte stor Beundring og Forbavselse hos Datidens Teknikere. Fra en Højde af over 100 Meter lededes Vandet ned til et Vandhjul, der ikke var

stort over $^1/_2$ Meter i Tværsnit, og under Indvirkning af det stærke Vandtryk udførte Hjulet heniraod 40 Omdrejninger i Sekundet og udviklede 30—40 Hestekræfter.

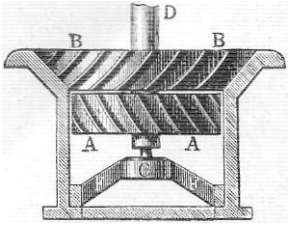


Fig 20. En Turbine.

Fourneyrons Vandkraftmaskine kaldtes en Turbine. Fig. 20 viser en af de Former, man har givet Turbinen. Det vandrette, bevægelige Hjul *AA* befinder sig inden i en lodret Cylinder, Figuren viser kun et Gennemsnit af dens Vægge, — og Vandet, som kommer ovenfra, føres ved Ledeskovle, der er anbragte paa den faste Skive BB, ned mod Skovlene paa det bevægelige Hjul, hvorved dette drives rundt; dets Aksel *D* kan føres højt til Vejrs og saaledes drive Maskiner højt over Turbinen, som i Reglen er helt nedsænket i Vand. Navnet Turbine anvendes forøvrigt ogsaa om Vandmotorer af en helt anden Konstruktion, hvor en Vandstraale med stærkt Tryk drives mod Skovle eller Skaale paa Omkredsen af et Vandhjul med lodret eller vandret Akse.

Af nyere betydningsfulde Opfindelser paa Kraftmaskinernes Omraade maa vi endnu nævne Dampturbinen. Den er i sin simpleste Form blot et vandret S-bøjet Rør, der drejer sig hurtigt om sit Midtpunkt, idet Dampen føres ind ved Midten og strømmer ud af Enderne; Princippet er ganske det samme som ved Heros Dampkugle (S. 9). Saadanne Turbiner har Svenskeren de Laval med Held anvendt til Drift af Centrifuger. En anden Form af Dampturbinen, som er vist i Fig. 21 (ogsaa de Lavals Konstruktion), minder mere om Brancas Damphjul (S. 10); gennem fire Rør strømmer Dampen med stor Hastighed ud mod Skovle, der er anbragte langs Omkredsen af et Hjul som derved bringes til at dreje sig hurtigt rundt; i Figuren er lidt af Hjulets Omkreds og det ene Damprør fjærnet. Et lille Damphjul kan udvikle en meget stor Arbejdskraft, men det maa ogsaa dreje sig med uhyre Hastighed. Paa Grund af denne store Omdrejningshastighed volder det ofte nogen teknisk Vanskelighed at forbinde Turbinen med Arbejdsmaskiner. I de allersidste Aar er Englænderen Parsons Dampturbine blevet benyttet i flere meget hurtiggaaende Skibe; men man har rigtignok her maattet opofre en Del af den Simpelhed i Konstruktionen, som særlig gør Dampturbinen tiltalende. Foreløbig er der ikke megen

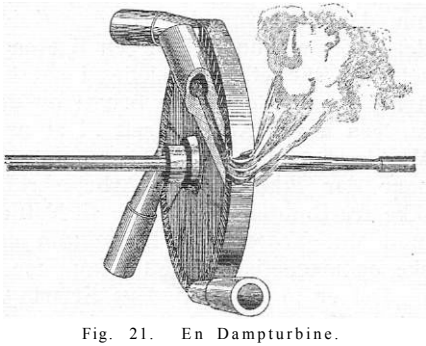


Fig. 21. En Dampturbine.

Udsigt til, at den skal vinde nogen let og hurtig Sejr over den gamle Dampmaskine.

Allerede længe før James Watt gav Menneskeheden Adgang til at benytte Kullenes Kraft, havde talrige Opfindere sat sig det Maal at bygge en Maskine, der, en Gang sat i Bevægelse, kunde blive ved at gaa uden at faa tilført nogen Arbejdskraft udefra. Papin havde ikke turdet benægte Muligheden af en saadan Evighedsmaskine eller »Perpetuum mobile«, og adskillige andre Fysikere interesserede sig for Sagen. Det var da ikke underligt, at mange ærgærrige og begavede Mekanikere anvendte deres Snille paa Løsningen af denne Opgave. De fleste Opfindere naaede vel ikke længer end til at fremsætte deres Forslag paa Papiret eller til at konstruere Modeller, der blot manglede en lille Smule i at kunne gaa. Men der blev virkelig ogsaa udført adskillige selvoptrækkende Urværker og andre kunstige Maskiner, der tilsyneladende gik uden Drivkraft, og som endogsaa blev undersøgt af Videnskabsmænd, uden at de kunde opdage Hemmeligheden. Maaske blev nogle af Urværkerne holdt optrukne ved forskellige Virkninger af de naturlige Ændringer i Luftens Tryk og Varmegrad; selvoptrækkende Ure af denne Slags er ofte konstruerede i nyere Tid. Om en af de berømteste af Evighedsmaskinerne berettes det imidlertid, at Opfinderen af Ærgrelse slog sit Kunstværk i Stykker, da Undersøgernes Nysgærrighed blev altfor paatrængende. Endnu i 1790 formaaede en Smedemester Heine fra Lifland at vække stor Opsigt ved en Vandmølle, der blev drevet af Vand, som pumpedes op paa Vandhjulene af Møllen selv, idet Vandhjulene drev Pumpeværket.

At Konstruktionen af et rent mekanisk Perpetuum mobile var umuligt, havde imidlertid længe været klart for Fysikerne. Man vidste, at Loddet i et Urværk eller Vandet i en Vandmølle ved Hjælp at Hjul, Vægtstænger, Snore og andre mekaniske Indretninger, selv om der ikke var den ringeste Gnidningsmodstand i Maskineriet, i det højeste kunde løfte en ligesaa stor Vægt saa meget, som det selv var sunket, og saaledes i det højeste kunde genfrembringe den Arbejdskraft, det havde brugt; og da der tillige i Praksis altid vilde medgaa nogen Arbejdskraft til at overvinde Gnidningsmodstandene i Maskineriet, maatte Maskinen nødvendigvis ende med at gaa i Staa, naar der ikke tilførtes Arbejdskraft udefra. Derimod kunde der ikke fra Datidens Kendskab til Naturlovene hentes afgørende Grunde mod Muligheden af et Perpetuum mobile, naar Varmen eller elektriske og magnetiske Kræfter kom med i Spillet.

Det er jo en dagligdags Erfaring, at mekanisk Arbejde kan frembringe Varme: Smeden kan hamre Jærnet varmt; to Genstande, som gnides stærkt mod hinanden, bliver varme o. s. v. At det er store Varmemængder, der kan udvikles paa denne Maade, godtgjordes for over 100 Aar siden af Amerikaneren Rumford, idet han bragte betydelige Vandmængder i Kog ved at bore med et stumpt Bor i et Kanonløb, som var nedsat i Vandet. Endvidere kan Varmen, naar

den anvendes i en Dampmaskine, frembringe mekanisk Arbejde. Nu kunde man tænke sig en Dampmaskine indrettet saaledes, at dens Aksel gik damptæt ind i Kedlen og herinde ved sin Omdrejning bragte to Plader til at gnide stærkt mod hinanden, den udviklede Varme vilde da forvandle en Del af Vandet til Damp, og hvis den saaledes dannede Damp var tilstrækkelig til at holde Dampmaskinen i Gang, naar den drev Gnideapparatet og en Pumpe, der forsynede Kedlen med nyt Vand, samt en eller anden Arbejdsmaskine, kunde man aabenbart slukke Ilden under Kedlen og alligevél blive ved at faa Arbejde af Maskinen.

Omtrent ved Midten af det 19. Aarhundrede gjorde Tyskeren Mayer, Danskeren Colding og Englænderen Joule (djovl) imidlertid nærmere Rede for Sammenhængen mellem Varme og Arbejde; og af deres Undersøgelser fremgik det, at et Perpetuum mobile, som det ovenfor foreslaaede, vilde være umuligt, hvad enten man benyttede Dampmaskinen eller en anden mere fuldkommen Varmemaskine. Navnlig viste Joule gennem en Række af genialt udtænkte og omhyggeligt udførte Forsøg, at en bestemt Mængde mekanisk Arbejde altid frembringer samme Varmemængde, paa hvad Maade end Arbejdet omdannes til Varme. Et Arbejde paa en »Hestekrafttime« eller »Hestetime«, d. v. s. det Arbejde, en Maskine paa en Hestekraft udfører i Timen, vil, naar det omsættes til Varme, frembringe saa stor en Varmemængde, som behøves til at opvarme c. $6^1/_2$ Kilogram Vand fra Frysepunktet til Kogepunktet. Omvendt vil denne Varmemængde, naar den omdannes til Arbejde, kunne udvikle en Hestekraft i en Time. I en Dampmaskine er det kun en mindre Del af den Varme, Dampen fører ind i Cylinderen, der omdannes til Arbejde; Størstedelen vii dels opvarme Cylinderens Vægge og derfra gaa ud i Luften, dels gaa med den forbrugte Damp ned i Kondensatoren; selv om alt det udviklede Arbejde anvendtes til ved Gnidning at frembringe Varme i Kedlen, maatte der altsaa alligevel stadig tilføres Varme fra Ildstedet til Erstatning for det, der gaar tabt til Luften og Fortætningsvandet i Kondensatoren.

Vi har her alene holdt os til Varmens Omdannelse til Arbejde og omvendt; men ogsaa hvor Arbejdskraften omdannes paa andre Maader, f. Eks. idet der kommer elektriske og kemiske Kræfter med i Spillet, fremgik det af Joules Forsøg, at der aldrig skabes ny Arbejdskraft, saa at det altsaa ikke er muligt at lave et Perpetuum mobile. Senere Undersøgelser paa alle Fysikkens Omraader hatstadig bekræftet og bestyrket denne Erkendelse. Ikke des mindre fremkommer der ogsaa i vore Dage talrige Planer og Forslag til en Evighedsmaskine, men det er altid fra Folk, som ikke har tilstrækkeligt Kendskab til Naturlovene.

En Kraftmaskine kan altsaa kun blive ved at arbejde, naar den stadig faar tilført Arbejdskraft eller »Energi« udefra, og det samme gælder ligesaa fuldt for Mennesker og Dyr; ja, den Lighed, der i denne Henseende finder Sted mellem Dampmaskiner og Mennesker

eller Dyr, gaar endnu dybere. For at Kullet skal kunne brænde i en Dampmaskines Ildsted, maa der trænge en Luftstrøm ind i Ildstedet, og hvad der nu foregaar er følgende: Luften bestaar hovedsagelig af to Luftarter, Ilt og Kvælstof, og af disse indgaar Ilten »en kemisk Forening« med den væsentligste Bestanddel af Stenkullet, et Stof, der kaldes Kulstof; Ilten og Kulstoffet danner i Forening et nyt Stof, Kulsyre, der er en usynlig Luftart ligesom Ilten, og som føres bort gennem Skorstenen. Noget lignende foregaar i Virkeligheden i Menneskets eller Dyrets Legeme. Vel kan vi ikke som et Ildsted fortære Stenkul, men vor Føde indeholder foruden andre Stoffer Kulstof, som opløses i Fordøjelseskanalen, optages gennem dens Vægge og føres med Blodet rundt i Legemet; i Lungerne optager Blodet endvidere Ilt, som ligeledes føres rundt til alle Legemets Dele. Her forener det sig med Kulstoffet til Kulsyre, der senere udaandes gennem Lungerne, og, ligesom i Dampmaskinen, frembringes der i Legemet baade Varme og Arbejde ved Kullets og Iltens Forening.

Den Varme, som udvikles ved Forbrændingen af et eneste Kilogram Stenkul, kunde, hvis den helt blev omdannet til Arbejde, løfte en Vægt paa ca. 30 000 Kilogram 100 Meter i Vejret, eller med andre Ord, udvikle 10—12 Hestekræfter en Time igennem; selv i de bedste Dampmaskiner faar man dog næppe mere end Tiendedelen af denne Arbejdskraft udnyttet. Da Ilten er til Stede overalt, medens Stenkullet skal bringes til Dampmaskinen, siger man i Reglen, at den Arbejdskraft, som kommer frem ved Forbrændingen laa gemt i Stenkullet; men Sandheden er dog, at Kullet og Ilten tilsammen har Arbejdskraften, da det ene Stof er ligesaa nødvendigt som det andet. Først naar de to Stoffer gaar i kemisk Forening med hinanden, bliver Arbejdskraften frigjort, saa at den kan benyttes; denne Form for Arbejdskraft kaldes derfor kemisk Energi. Den Form for Energi, som Naturen har stillet til Raadighed ved Vandfaldene, kaldes derimod Pladsenergi eller Beliggenhedsenergi, fordi Vandet her udfører Arbejde ved at synke fra et højereliggende Sted til et lavereliggende. Vindens Kraft beror paa Luftens Hastighed; en Vejrmølles Vindfang kan kun modtage Arbejdskraft fra Vinden, idet Vingerne formindsker Luftdelenes Hastighed; man siger derfor, at Vinden har Hastighedsenergi eller Bevægelsesenergi.

Baade Kullets, Vandløbets og Vindens Energi kommer imidlertid oprindelig fra Solstraalerne. Kulsyren, som sendes ud af vore Lunger eller strømmer fra Ildstederne op i Luften, har ingen Energi, skønt den indeholder baade Kul og Ilt; men kunde man faa de to Stoffer skilt ad, vilde deres kemiske Energi være genoprettet; thi de kunde da paany forene sig i et Ildsted og frembringe Varme og Arbejde. Nu formaar Solstraalerne netop at adskille Kulsyre i Kulstof og Ilt, ganske vist ikke umiddelbart, men ved at virke paa Planterne. I deres Blade omdannes Solstraalernes Energi til kemisk Energi, idet Luftens Kulsyre her spaltes i Kulstof, som Planten be-

holder, og Ilt, som gaar ud i Luften, Fra Planterne gaar Kulstoffet saa over i Menneskers og Dyrs Føde, eller det frembringer Varme i Ovne, hvor Træet brændes; men ogsaa det Kulstof, der udgør Hovedbestanddelen af Stenkul, er uddraget af Luften ved Solstraalernes Hjælp, thi Stenkullene er Levninger af Fortidens Planter. Naturen har paa denne Maade i fjærne og utalte Aartusinder hengemt et umaadeligt Forraad af Solkraft i Jorden, og denne opsparede Solkraft driver Nutidens Dampmaskiner. Ogsaa Petroleum stammer rimeligvis fra Fortidens Planter eller Dyr, saa at dets Kulstof har samme Oprindelse.

Vandets Pladsenergi frembringes af Solstraalerne, idet Solvarmen faar Vandet i Verdenshavene til at fordampe eller stige til Vejrs. Den Del af dette Vand, som af Luftstrømninger føres ind over Landet, og som i højtliggende Egne falder ned som Regn og derefter samles i Vandløb, vil nu paa sin Vej til Havet kunne drive Vandhjul og Turbiner.

Endelig fremkalder Solstraalerne Luftstrømninger, idet de opvarmer forskellige Egne af Jorden ulige stærkt; paa denne Maade bliver den Arbejdskraft til, som Vinden indeholder.

Endnu kan vi nævne den Arbejdskraft, som lægger sig for Dagen i Havets Bølger; den skyldes umiddelbart Vinden, men kan altsaa ligesom Vinden selv føres tilbage til Solstraalernes Virkning. Denne Kraft er ikke ringe, og mange har ønsket at kunne tæmme den og lade den virke nyttigt i Stedet for ødelæggende. Der er ogsaa gjort en Del Forsøg i denne Retning. Fig. 22 viser en lille, meget simpel Bølgemotor, som er anbragt ved Ny Fundland; Motoren bæres af en forankret Blikbeholder, og ved de Bevægelser, Bølgeslaget giver denne, triller en tung Kugle skiftevis til den ene og den anden Side af et Vippebrædt og driver derved to Pumper, som gennem en Slange pumper Vand op i en Beholder; Vandet benyttes til Gadevanding. Tillige bringer Vippebrættet ved Trækstænger to Hammere til at slaa paa en Klokke. Det er dog sikkert kun et meget ringe Arbejde, denne Motor kan udføre, og store Ting kan man overhovedet ikke vente sig af Bølgemotorer. Som en interessant speciel Anvendelse kan det anføres, at en tysk Ingeniør Gehre har konstrueret en elektrisk Lysbøje, i hvilken den elektriske Strøm frembringes af Bølgekraften.

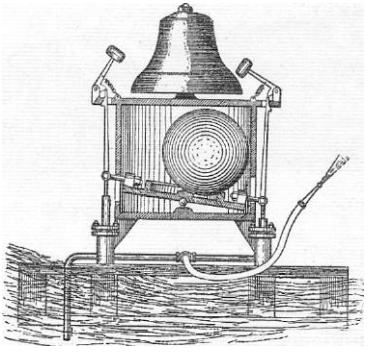


Fig. 22. En Bølgemotor,

Skønt det kun er en ubetydelig Brøkdel af de Straaler, Solen udsender, der rammer Jorden, eftersom Jorden, set fra Solens Stand-

punkt, er forsvindende lille, indeholder de dog til enhver Tid en Arbejdskraft, der er Millioner Gange saa stor som den, alle Jordens Dampmaskiner behøver i samme Tid. Det er imidlertid kun en meget ringe Del af denne Kraft, der bliver tilgængelig for os som Vandkraft, Vindkraft eller kemisk Energi i Planterne, og den Tanke ligger derfor nær, umiddelbart at lade Solstraalernes Energi drive en Motor. Men den Mængde Arbejdskraft, Solstraalerne sender til en Flade, der er en Kvadratmeter stor, og som er stillet vinkelret paa Solstraalerne, vil ikke en Gang svare til 3 Hestekræfter, selv naar Luften er meget klar, og Solen staar højt paa Himlen. Da der nu næppe ved de Midler, vi kender, blot er Mulighed for at udnytte en Tiendedel af denne Arbejdskraft i en Motor, vil det aabenbart blive en meget besværlig Sag ad denne Vej at skaffe Drivkraft til en Motor, der skal kunne udrette nævneværdigt Arbejde.

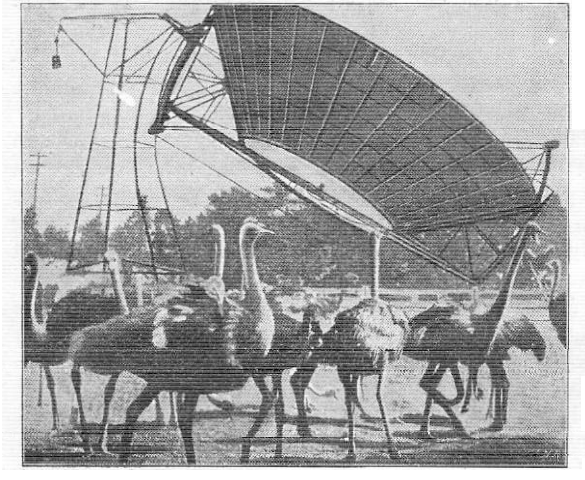


Fig. 23. En Solmolor paa en Strudsefarm i Kalifornien.

Den svensk-amerikanske Ingeniør John Ericson forsøgte dog i sin Tid at konstruere en Solmotor, og paa en Strudsefarm ved Los Angelos i Kalifornien er en saadan Motor virkelig i praktisk Virksomhed; et mægtigt Hulspejl, som af et Urværk stadig holdes vendt mod Solen, samler Solstraalerne paa en lille Dampkedel, og Dampen fra denne driver en Dampmaskine, der blandt andet bruges til Vandpumpning. Men ret mange Hestekræfter kan der ikke indvindes ved dette store og besværlige Apparat selv under gunstige Omstændigheder.

Medens alle de hidtil nævnte Former for Arbejdskraft stammer fra Solstraalerne, er det Maanens og Solens Bevægelser i Forening med Jordens Omdrejning om sin Akse, der fremkalder Ebbe og Flod og herigennem stiller Energi til vor Raadighed. Enkelte Steder udnyttes denne Energi. Paa Øen Wiglit, hvor Flodbølgen gennem lange snævre Fjorde sender betydelige Vandmasser ind i Landet, har man et Sted over en Indsnævring af en af disse Fjorde bygget en Dæmning med Sluseporte, der aabner sig indad. Naar Flodbølgen kommer, kan Vandet altsaa frit strømme ind gennem Portene;

men naar det vil tilbage, lukker Portene sig, og Vandet kan i Ebbetiden kun slippe ud gennem en Vandmølle, hvor det maa drive Hjulene.

Endelig har vi i Jordens indre Varme et uhyre Kraftforraad, som vi ikke skylder Solen Tak for, men som der rigtignok heller ikke synes at være nogen Mulighed for at faa udnyttet, I alt Fald ikke saaledes, at det kan faa virkelig Betydning.

II. ARBEJDSKRAFTENS FLYTNING, SPREDNING OG OPSPARING.

Kraftflytning ved Tandhjuls- og Remforbindelser, ved Vandtryk og ved sammenpresset Luft. — Elektriske Strømme frembragte ved galvaniske Elementer. — Elektromagneten. — Elektromotorer. — Faraday og hans Opdagelse af Induktionsstrømme.W3lå Maskiner til Strømfrembringelse. — Kraftflytning og Kraftspredning ved elektriske Strømme. — Opsparing af Arbejdskraft. — Vindkraftens Udnyttelse ved elektriske Strømme.

Naar en Kraftmaskine skal bevæge en Arbejdsmaskine, kan man kun i de færreste Tilfælde ligefrem give de to Maskiner fælles Aksel, Som oftest skal Arbejdsmaskinens Aksel have en anden Omdrejningshastighed eller en anden Retning end Kraftmaskinens, og desuden kan de to Maskiner ikke altid anbringes tæt ved hinanden. Man maa da overføre eller »flytte« Kraften fra Kraftmaskinen til Arbejdsmaskinen ved forskellige Mellemled.

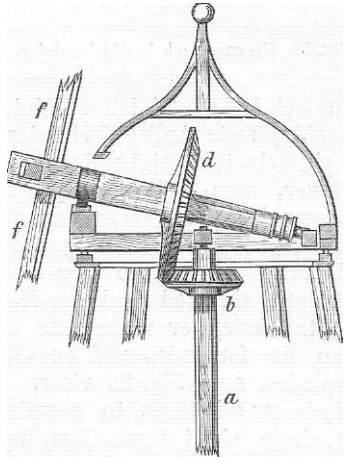


Fig. 24. Tværsnit af en Møllehat.

Et af de ældste Midler, til en saadan Kraftflytning eller Krafttransmission er Tandhjulsforbindelser, der vides at være anvendte i Vandure allerede i det andet Aarh. f. Kr. Naar to Aksler er parallelle og tæt ved hinanden, kan man faa den ene til at føre den anden med under sin Bevægelse, idet man forsyner Akslerne med Tandhjul, der griber ind i hinanden; ved at give de to Tandhjul forskellig Størrelse og dermed forskelligt Antal Tænder opnaar man, at de to Aksler drejer sig ulige hurtigt. Danner de to Aksler en Vinkel med

hinanden (som f. Eks. Vindfangets næsten vandrette Aksel i en Mølle og den første lodrette Aksel), kan man bruge Tandhjul, hvis Tænder er anbragte paa kegleformede Flader, der under Omdrejningen glider forbi hinanden (se Fig. 24); men det samme opnaaedes i ældre Tid ved en Tandhjulsforbindelse som den, der ses paa de gamle Billeder Fig. 3 og Fig. 4 S. 7.

Er de to Aksler parallelle, men saa langt fra hinanden, at de ikke godt kan forbindes umiddelbart ved Tandhjul, kan man vinkelret paa dem anbringe en tredje Aksel, hvis Ender bærer kegleformede Tandhjul, der griber ind i tilsvarende Tandhjul paa de to parallelle Aksler. Ved en saadan Stang forbindes f. Eks Pedalakslen og Baghjulsakslen paa de kædeløse Cykler. En mindre stiv Forbindelse opnaar man ved at anbringe Tandhjul paa de to Aksler og føre en Kæde over disse Hjul saaledes, som alle kender det paa de almindelige Cykler. Det er imidlertid muligt at gøre Stangforbindelsen mere bøjelig, idet Stangen, der anbringes mellem de to Aksler, dannes af to Stykker, som forenes ved et saakaldet cardansk Led (eller Universalled), hvis Indretning er vist i Fig. 25; fra hvert af Stangens to Stykker, *A* og *B,* udgaar der en Bøjle med en lille Aksel tværs igennem (xx' og yy' paa Figuren), og disse to Aksler er forenede til et fast Kors. Naar Stangen *A* drejer sig, maa *B* da følge med, men de to Stangstykker behøver ikke at ligge nøjagtig i hinandens Forlængelse. Denne Forbindelse har i den nyeste Tid vundet en Del Indgang i lettere Motorvogne.

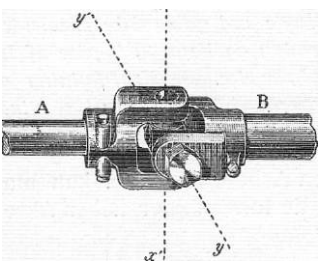


Fig. 25. En cardansk Ledforbindelse.

Ved faste Anlæg forbindes to Aksler imidlertid simplest ved en i sig selv tilbageløbende Rem, der føres over den brede Rand af Skiver, som anbringes paa de to Aksler. Ligger Remmen stramt om Skiverne, maa de dreje sig samtidig, og ved at gøre Remskiverne ulige store faar man Akslerne til at dreje sig med forskellig Hastighed. Hvis de to Aksler er vinkelrette paa hinanden, kan de forbindes ved en »Halvkrydsrem« saaledes, som Fig. 26 viser. Ved en »Helkrydsrem« bringes to parallelle Aksler til at dreje sig i forskellige Retninger. Ofte maa man mellem Kraftmaskinens og Arbejdsmaskinens Aksler indskyde et saakaldet Forlag, d. v. s. en tredje Aksel, der ved Drivremme forbindes med de to Maskinaksler.

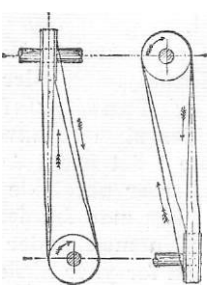


Fig. 26. Remforbindelse mellem to paa hinanden vinkelrette Aksler.

Drivremmene kan gøres temmelig lange og ved deres Hjælp kan en enkelt Dampmaskine i en Fabrik fordele sin Arbejdskraft til mange Arbejdsmaskiner rundt om i Bygningen, idet Dampmaskinens Aksel føres gennem hele Bygningen og forsynes med flere Remskiver, hvorfra der føres Drivremme til andre Aksler.

Hvis en Dampmaskine ved et Bjærgværk skal drive en Arbejdsmaskine langt inde i en Grubegang, eller der af andre Grunde maa være stor Afstand mellem Kraft- og Arbejdsmaskinen, kan man i Stedet for en Rem benytte et Jærntraadstov, der lægges over en Fure i Skiver eller Tromler paa de to Maskiners Aksler; ved at bruge meget lange Tove og tillige indskyde flere Forlag kan man paa denne Maade føre en betydelig Arbejdskraft mange hundrede Meter bort fra Kraftmaskinen.

I Stedet for at lade Kraftmaskinen umiddelbart trække Arbejdsmaskinen, kan man imidlertid anvende dens Arbejdskraft til at pumpe Vand under stort Tryk ind i en Rørledning, der fører hen til det Sted, hvor Kraften skal benyttes; hér sætter Vandet en Motor i Bevægelse, og denne driver atter Arbejdsmaskinen. Til en saadan Kraftflytning kræves altsaa fire Maskiner; først den egentlige Kraftmaskine, der tager Kraften fra de Kraftkilder, Naturen byder os — Kullene, Vandløbet eller Vinden —; dernæst Pumpeværket, som overfører Kraften til Vandet i Rørledningen; endvidere den Kraftmaskine eller Motor (vi vil i det følgende for dennes Vedkommende holde os til Betegnelsen Motor), der modtager Kraften fra Vandet i Ledningen og saa at sige fordøjer Kraften en Gang til, inden den afleveres til den fjerde Maskine, nemlig selve Arbejdsmaskinen, hvor den skal bruges. Til Gengæld bliver man langt mere Herre over Kraften; gennem Vandrørene kan man ikke blot sende den flere Kilometer bort, men tillige føre den uden om Bygninger, under Gader, op i Huse, ned i krumme Minegange o. s. v.

Til at modtage Arbejdskraften fra Vandrøret kan man anvende en Turbine, men hyppigst benyttes Vandmotorer, der er byggede efter samme Princip som Dampmaskinen, idet Stemplet blot drives frem af Vandtryk i Stedet for af Damptryk. Allerede før Watts Tid havde man forøvrigt konstrueret enkeltvirkende Vandmotorer, hvor Vandet lededes ind i en Cylinder under Stemplet og trykkede det til Vejrs.

Vandmotorer, der faar Arbejdskraften tilført gennem lange Rørledninger, har tidligst fundet Anvendelse i Rjærgværksdriften og har her endnu stor Betydning. I Simplontunnelen, som for Tiden er under Arbejde, drives Boremaskinerne i Bjærgets Indre paa denne Maade ved Vandtryk. Men desuden har man adskillige Steder, — navnlig i Svejts, hvor der er let Adgang til Vandkraft — gennem Vandledninger sendt Arbejdskraft fra et større Kraftanlæg ud til mange Smaaforbrugere.

I Virkeligheden kan man i enhver By hente Arkejdskraft fra Vandledningerne, men naar Vandværkets Pumper drives ved Damp-

kraft, vil det i Reglen ikke kunne betale sig at fordele Arbejdskraften gennem Vandledningerne, og desuden er det forskellige Hensyn, der gør sig gældende ved Anlægget, eftersom Formaalet er at forsyne Byen med Drikkevand eller at forsyne den med Arbejdskraft. Hvor meget Arbejde en vis Mængde Vand kan udrette ved at strømme gennem en Vandmotor, afhænger af Vandets Tryk; forøges Vandtrykket i Rørledningen til det firdobbelte, vil Vandets Arbejdsevne ogsaa blive fire Gange saa stor. Naar man paa Kraftstationen pumper Vandet ind i Rørene under meget højt Tryk, kan man altsaa sende en betydelig Kraftmængde ud til Forbrugerne, uden at der behøver at strømme en stor Vandmængde gennem Rørene, og selv hvor der er Vand i Overflod har dette den Fordel, at Rørene kan være snævre og derfor mindre kostbare; paa den anden Side maa Ledningen saa være stærk for at kunne taale Trykket. En Del af Arbejdskraften vil altid gaa tabt paa Vejen, idet den bruges til at overvinde Vandets Gnidningsmodstand i Rørene; rigtignok frembringes der ved Gnidningen en Varmemængde, der svarer til den tabte Arbejdskraft; men da denne Varme er fordelt langs hele Ledningen, kan den ikke opsamles og gøre Nytte. Vil man sende Arbejdskraften langt bort uden synderligt Tab, maa man enten gøre Rørene vide, saa at Gnidningen bliver ringe, eller gøre Trykket meget højt, saa at man ikke skal sende meget Vand gennem Rørene. Tekniske og økonomiske Hensyn vil imidlertid sætte temmelig snævre Grænser for de Afstande, til hvilke man paa denne Maade kan sende Arbejdskraft fra Kraftmaskiner, selv om de kan faa Kraften meget billigt og let, f. Eks. fra et Vandfald.

Paa større mekaniske Værksteder finder Kraftflytning ved Vandtryk ofte Anvendelse. I mange Tilfælde er det imidlertid bekvemmere at benytte sammenpresset Luft. Princippet for denne Kraftflytning er det samme som for den forrige. Fabrikkens Dampmaskine eller en anden Motor driver en Luftpumpe, der sammenpresser Luft og sender den ind i stærke Kedler, hvorfra Rørledninger udgaar til forskellige Dele af Fabrikken; smaa Lufttryksmotorer, der kan være indrettede efter et lignende Princip som de nys nævnte Vandtryksmotorer, tager saa Arbejdskraft fra Ledningerne og driver Arbejdsmaskiner. Da den sammenpressede Luft gennem bøjelige Slanger kan føres fra Rørene derhen, hvor man har Brug for den, kan den let anvendes som Drivkraft for smaa Maskiner, der skal kunne flyttes, f. Eks. Nittemaskiner. Ja, Lufttryksmotoren kan endog forbindes med flere Slags Haandværktøj til en eneste lille Maskine, som Arbejderen holder i sine Hænder, saa at han kun skal føre og styre Værktøjet, men faar Arbejdskraften udefra. Faareklipning udføres f. Eks. enkelte Steder ved en Saks med Lufttryksmotor. Fig. 27 viser, hvorledes Luften fordeles til de enkelte Sakse gennem Slanger.

Paa længere Afstande er Kraftflytning ved sammenpresset Luft blandt andet anvendt ved Udboringen af St. Gotthardstunnelen, hvor

Boremaskinerne i Bjærgets Indre blev drevet paa denne Maade; den Luft, der slap ud af Maskinerne, gjorde derefter Nytte ved at ventilere Tunnelen. Undertiden har man ogsaa anvendt denne Form for Kraftoverføring til at sprede Arbejdskraft fra et Kraftanlæg til flere Smaaforbrugere.

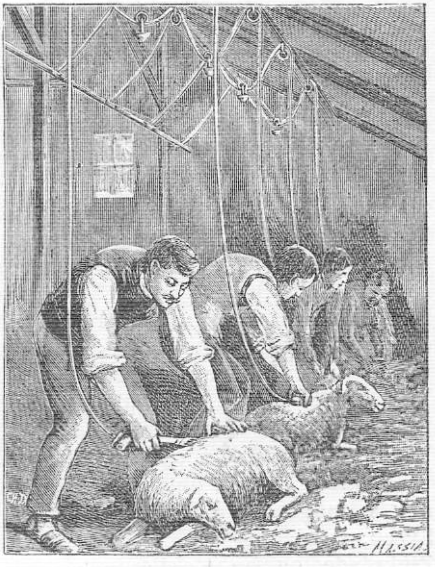


Fig. 27. Faareklipning i Australien. Saksene drives ved sammenpresset Luft

Det fuldkomneste af alle Midler til Kraftflytning er dog den elektriske Strøm. Der er nu gaaet godt et Aarhundrede, siden den traadte i Menneskets Tjeneste, og den har i den forløbne Tid vist sig som en vidunderlig tjenstvillig og lydig Tjener; selv Krav, der kunde synes rent ud urimelige, har den ofte formaaet at tilfredsstille. Den kan bringe Bud til Jordens fjærneste Egne i faa Sekunder, tale med vor Stemme og skrive med vor Haandskrift i Miles Afstand, forsølve Skeer og lave Kobberrør, tvinge Urene i en By til at gaa ens og maale den flyvende Riffelkugles Fart; den kan endelig føre Kraften fra et Vandfald mange Mile bort og sprede Kraften fra en Dampmaskine ud over en hel By. Men inden vi gaar over til at omtale denne Kraftflytning i det store, maa vi kaste et Blik paa den Række af Opfindelser og Opdagelser, som har gjort det muligt at frembringe elektriske Strømme ved forskellige Kraftkilder og at lade den Arbejdskraft, som Strømmen fører med sig, træde frem i forskellige Former.

Det ældste Middel til Frembringelse af varige elektriske Strømme er det saakaldte galvaniske Element. Dette Apparat er opkaldt efter den italienske Læge Luigi Galvani, der i 1791 udgav et Skrift, hvori han beskriver nogle mærkeligé Iagttagelser og Forsøg over elektriske Virkninger paa Nerver og Muskler; han havde saaledes fundet, at et frisk præpareret Frøben kom i Trækninger, naar Muskel og Nerve forbandtes ved en Ledning af et Metal eller endnu bedre af to forskellige Metaller. Galvanis Undersøgelser blev imidlertid ført videre af hans Landsmand, Fysikeren Alessandro Volta, og det var denne, der opfandt den stadig virkende Elektricitetskilde, som har faaet Navnet det galvaniske Element. Den første Meddelelse om sin Opfindelse gav han i et Brev af 20. Marts 1800

til Sekretæren for det engelske Videnskabernes Selskab. I dette Brev beskriver han blandt andet det saakaldte Bægerapparat, der er Forbilledet for de senere anvendte galvaniske Batterier. Det enkelte galvaniske Element er her et Glas med en Saltopløsning, hvori der er anbragt en Zinkplade og en Sølvplade, som ikke rører hinanden. En Række saadanne Glas stilles ved Siden af hinanden, og Zinkpladen i det ene forbindes med Sølvpladen i det næste ved en Metalbøjle; herved dannes det galvaniske Batteri. Man kan imidlertid, som Volta allerede fremhævede, ogsaa bruge en anden Væske og et andet Metal end Sølv, og vi vil i det følgende antage, at Elementet dannes af Zink- og Kobberplader, nedsænkede i fortyndet Svovlsyre.

Sætter man en Zinkplade ned i et Glas med fortyndet Svovlsyre, vil man se, at der rundt om fra Pladens Overflade stiger smaa Luftbobler til Vejrs. Boblerne bestaar af en brændbar Luftart, der hedder Brint og udgør en Bestanddel af Svovlsyren; i Stedet for den frigjorte Brint optager Syren Zink, hvorved der dannes en ny kemisk Forbindelse, svovlsurt Zinkilte. som opløses i Væsken. Paa denne Maade fortæres Zinken efterhaanden af Syren, og samtidig udvikles der Varme, ligesom naar Kul forener sig med Luftens Ilt. Vi kan altsaa sige, at Zink og Svovlsyre ligesom Kul og lit indeholder kemisk Energi eller Arbejdskraft, der kommer frem som Varme, naar Zinken opløses af Syren (se S. 28).

Dersom Zinken enten er fuldstændig ren eller er amalgameret, d. v. s. indgnedet med lidt Kviksølv, angribes den imidlertid ikke af Syren, og danner man et galvanisk Element ved at sætte en saadan Zinkplade og en Kobberplade ned i et Glas med fortyndet Svovlsyre, vil der, saa længe Pladerne ikke rører hinanden, ikke foregaa nogen kemisk Virkning i Elementet; thi Kobber angribes ikke af Syren. Naar man lader de to Metalplader røre hinanden foroven eller forbinder dem med en Metaltraad, begynder Syren at angribe Zinken, men den derved dannede Brint kommer frem ved Kobberpladen i Stedet for ved Zinkpladen. Nede i Elementet er der altsaa foregaaet den højst forunderlige Virkning, at den Brint, der dannes ved Zinkens Opløsning, paa en hemmelighedsfuld Maade er blevet ført over til Kobberpladen. Men endnu mærkeligere er det, at en Del af den Varme, som skulde udvikles ved Zinkens Opløsning, kommer frem ude i Metaltraaden. I Fig. 28 forestiller A et galvanisk Element, hvor Zinkpladen *Z* og Kobberpladen *K* er forbundet ved en Metaltraad, der et enkelt Sted (ved B) er afbrudt, medens den et andet Sted (ved C) er ganske tynd paa en kort Strækning. Naar Metalforbindelsen mellem Kobber- og Zinkpladen »sluttes«, idet de afbrudte Traadender ved *B* trykkes mod hinanden, vil det tynde

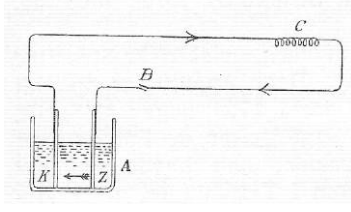


Fig. 28. En Strømkreds med et galvanisk Element.

Traadstykke ved *C* blive meget varmt, maaske endog glødende, samtidig med, at den kemiske Virkning i Elementet begynder.

Man siger nu, at der gaar en elektrisk Strøm rundt gennem Metaltraaden og Elementet, og af forskellige Grunde antager man, at Strømmen gaar i den Retning, Pilene paa Fig. 28 viser, altsaa inde i Elementet fra Zink gennem Væsken til Kobber, eller med andre Ord i den Retning, i hvilken Brinten blev ført. Hvad der i Virkeligheden foregaar i Ledningen, ved imidlertid intet Menneske. Sikkert er det blot, at den Energi, som frigøres ved Zinkens Opløsning, føres ud i Ledningen og derude forvandles til Varme og Lys, eller, som vi skal se i det følgende, til mekanisk Arbejde eller til ny kemisk Energi, Men vi har jo tidligere set, at Energien fra en Kraftmaskine kunde føres langt bort af Vand, der strømmer gennem Rør; og naar vi nu tænker os, at ogsaa Energien fra det galvaniske Element føres af Sted af noget, der strømmer gennem Ledningen, er det maaske kun et Billede, men dog et godt Billede, som kan hjælpe os til at faa Oversigt over mange Forhold. Det, der strømmer gennem Metaltraaden, kalder vi Elektricitet; men fordi vi har givet det et Navn, kender vi dog ikke dets inderste Natur.

Idet vi sammenligner den elektriske Strøm i Metaltraaden med en Vandstrøm gennem en Rørledning, svarer det galvaniske Element til Kraftstationen med Dampmaskine og Pumpeværk, der driver Vandet gennem Ledningen ; denne antages her at udgaa fra den ene Side af Pumpen og vende tilbage til den anden Side, saa at den samme Vandmængde kan blive ved at kredse rundt gennem Rørledningen og Pumpen. Hvor hurtigt Vandet strømmer gennem Ledningen, afhænger dels af den Modstand, dets Bevægelse møder i Røret, dels af det Tryk, hvormed det drives gennem Røret, det vil sige af Forskellen mellem Vandets Tryk der, hvor det føres ud i Ledningen og der, hvor det vender tilbage til Pumpen. Hvor hurtigt Elektriciteten strømmer igennem Metaltraaden, bestemmes ligeledes dels af den Modstand, den møder i Traaden, dels af det Tryk eller, som man siger, den Spænding, hvormed den drives gennem Traaden. Denne Spænding kan man gøre stor ved at forene mange Elementer til et Batteri, som ovenfor beskrevet. Modstandens Størrelse afhænger ligesom ved Vandets Strømning af Ledningens Længde og Tykkelse; men det har tillige megen Betydning, hvad Stof den bestaar af; i en Kobbertraad møder Elektriciteten f. Eks. langt mindre Modstand end i en Jærntraad af samme Længde og Tykkelse. Vil man have en hurtig Bevægelse af Elektriciteten eller, som man siger, en stærk elektrisk Strøm, gennem en lang Ledning, kan man altsaa enten bruge mange Elementer eller gøre Ledningstraaden tyk (og af Kobber). Den Arbejdskraft, der bruges til at overvinde Modstanden i en Ledning, kommer baade ved den elektriske Strøm og ved Vandstrømmen frem i Form af Varme, og man kan som anført faa en stærk Varmeudvikling paa et bestemt Sted

af en elektrisk Ledning ved at gøre Traaden tynd og altsaa Modstanden stor paa dette Sted.

Ved de tidligste galvaniske Elementer svækkedes Strømmen meget hurtigt, blandt andet fordi der satle sig Brint paa Kobberet, og det varede længe, inden man opnaaede at konstruere »konstante Elementer«, hvor Strømmen kunde holde sig nogenlunde usvækket i længere Tid. Et af de første af disse konstante Elementer er opfundet af Englænderen Daniell i Trediverne; hans Element bestaar af en Kobberplade og en Zinkplade; den første er anbragt i en porøs Lerkrukke, som indeholder en Opløsning af svovlsurt Kobberilte; Lerkrukken med Indhold staar i et Glas med fortyndet Svovlsyre, og Zinkpladen er bøjet som en Cylinder uden om Lerkrukken; ved Strømmens Gang afsættes der ikke Brint, men Kobber paa Kobberpladen. Senere er der konstrueret mange andre mer eller mindre konstante Elementer, der ogsaa har en porøs Lerkrukke. I Telegrafien benyttes meget Leclancliés Element, der har en Salmiakopløsning baade i og udenfor Lerkrukken; udenfor denne er der Zink, i den findes en Kulstang i Stedet for Kobberet, og desuden, er der pakket pulveriseret Brunsten uden om Kullet. I vore Dage anvendes ofte de saakaldte Tørelementer, hvor Væsken er opsuget i Gibs, Kridt, Ler o. lign., der er pakket omkring Zinken og Kullet.

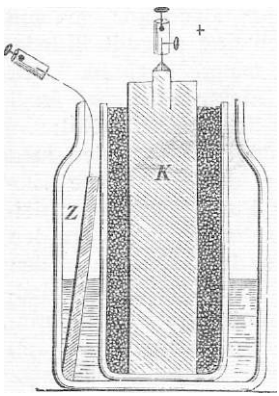


Fig. 29. Leclanchés Element.

Allerede i det samme Aar, i hvilket Volta fremsatte Meddelelsen om den nye Elektricitetskilde, han havde fundet, opdagede man, at den elektriske Strøm, naar den lededes gennem Vand, adskilte det i dets Bestanddele, de to Luftarter Ilt og Brint, og at den fremkaldte flere andre kemiske Virkninger. I 1810 fuldførtes i England et mægtigt Batteri paa 2000 Elementer, ved hvilket Naturforskeren Davy ikke alene fik Jærntraade til at gløde og smelte, men endogsaa frembragte en blændende elektrisk Lysbue mellem to Kulspidser. Men der gik en Snes Aar, inden II. C. Ørsted opdagede, at Strømmen kunde sætte en Magnetnaal i Bevægelse og altsaa var i Stand til direkte at udføre mekanisk Arbejde. Det var ved sine Forelæsninger over Fysik ved Kjøbenhavns Universitet i Vinteren 1818—19, at Ørsted først opdagede, at Magnetnaalen paavirkedes af den elektriske Strøm. Han havde længe anet og eftersporet en Sammenhæng mellem Magnetisme og Elektricitet, og han var straks klar over den overordentlige Betydning, hans Opdagelse havde. Han underkastede derfor Sagen en nøjere Undersøgelse, og først den 21. Juli 1820 udsendte han til de vigtigste naturvidenskabelige Selskaber i Europa det berømte latinske Cirkulære, i hvilket han gav Medde-

lelse om sin Opdagelse og beskrev, hvorledes Magnetnaalen drejede sig, naar en elektrisk Strømning foregaar i dens Nærhed og paa forskellige Sider af den.

Snart efter fandt den franske Fysiker Ampere (angpær) Grundlovene for Strømmens Kraftvirkninger; da det ud fra disse Love er muligt at bestemme en elektrisk Strøms Styrke ved at maale dens Kraftvirkninger paa en anden Strøm eller en Magnetnaal, har man opkaldt Enheden for elektrisk Strømstyrke efter Ampere, medens Enheden for elektrisk Spænding kaldes en »Volts til Ære for Volta.

Det var kun et meget ringe Arbejde, Strømmen udførte, naar den drejede en Magnetnaal; men snart fandt man Midler, ved hvilke der kunde frembringes stærke Kraftvirkninger. Størst Betydning har i denne Henseende Opfindelsen af Elektromagneten som vel af alle elektriske Apparater er det, der har faaet den mest udbredte og forskelligartede Anvendelse. Efter at den franske Fysiker Arago havde vist, at den elektriske Strøm kunde gøre en Staaltraad magnetisk, konstruerede Englænderen Sturgeon den første egentlige Elektromagnet, der bestod af en Jærnstang, om hvilken der var viklet en Ledningstraad i mange Vindinger. Ledningstraaden kan, som Fig. 30 viser, være oprullet paa en Trævalse uden om Jærnstangen *AB,* og den maa være »isoleret«, det vil sige overspundet med Silketraad eller omgivet med et andet Stof, der ikke leder Elektriciteten, saa at denne maa følge Metaltraaden og ikke kan gaa direkte over fra den ene af Traadens Vindinger til den ved Siden af. Saa snart Strømmen fra et galvanisk Batteri ledes ind i Traadrullen, bliver Jærnstangen magnetisk saaledes, at dens ene Ende bliver en »Nordpol«, der tiltrækker Sydenden og frastøder Nordenden af en Kompasnaal, medens den anden Ende bliver en Sydpol med de modsatte Kraftvirkninger paa en Kompasnaal; begge Stangens Ender tiltrækker, saa længe Strømmen gaar, Jærn, der anbringes i Nærheden af dem. En tysk Fysiker, der havde Lejlighed til at se Sturgeons Elektromagnet i London, siger, at det saa ud som Trylleri, naar Elektromagneten pludselig, selv fra nogen Afstand, greb et Jærnstykke og derved løftede en Vægt paa otte Pund i det Øjeblik, da Strømkredsen sluttedes, medens denne Vægt ligesaa pludselig faldt ned, naar Strømmen afbrødes; nu har man Elektromagneter, der kan bære flere tusind Pund. Da Staal, der gøres magnetisk, bevarer sin Magnetisme, efter at den magnetiserende Kraft har ophørt at virke, kan man ikke benytte Staal, men kun Jærn til Elektromagneter, medens varige Magneter derimod altid er af Staal.

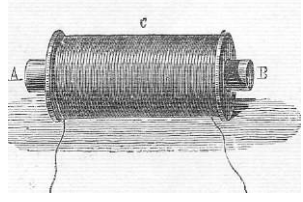


Fig. 30. En Elektromagnet.

Efter at Elektromagneten var opfundet, laa den Tanke nær, al konstruere en Maskine, som kunde drives af den elektriske Strøm,

eller med andre Ord en Elektromotor. Den første — rigtignok lidet praktiske — Elektromotor opfandtes i 1830 af den italienske Fysiker Salvatore dal Negro, og derefter fulgte nye Konstruktioner Slag i Slag. Nogle af disse Maskiner mindede i deres Princip meget om Dampmaskinen, idet Strømmen skiftevis lededes ind i to Elektromagneter, der saaledes skiftevis fik Kraft til at tiltrække et Jærnstykke; herved bevægedes en Vippe op og ned, og ved Krumtap og Svinghjul overførtes Bevægelsen til en Aksel; under sin Omdrejning sørgede Maskinen selv for, at Strømmen paa de rette Tidspunkter skiftede fra den ene Magnet til den anden. Først senere fandt man paa at lade Strømmen umiddelbart frembringe en omdrejende Bevægelse, som det f. Eks. sker i Fromonts Elektromotor (Fig, 31). I denne kan et Hjul med en Række Jærnstænger dreje sig mellem nogle Elektromagneter. Naar en Jærnstang under Omdrejningen nærmer sig til en Elektromagnet, skal Strømmen sendes ind i dennes Traad, saa at Stangen tiltrækkes; men idet Jærnstangen passerer lige forbi Elektromagneten, skal Strømmen afbrydes, saa at Magneten ikke holder paa Stangen og hindrer Hjulet i at gaa videre. En lille Mekanisme (Kommutatoren), der er anbragt paa den forreste Ende af Akslen, sørger for, at Strømmen sluttes og afbrydes i rette Tid.

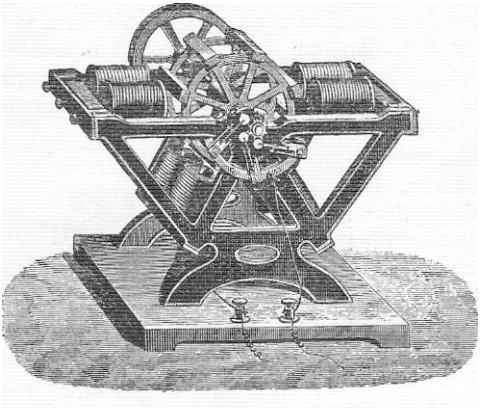


Fig. 31. Fromonts Elektromotor.

I Aaret 1838 drev Fysikeren Jacobi en Baad med 12 Personer frem paa Nevafloden ved en Elektromotor, der fik sin Strøm fra et Batteri paa 128 galvaniske Elementer. Men Omkostningerne ved Driften af denne Motor blev altfor uforholdsmæssigt store; og vi kan nu med Sikkerhed sige, at det altid vil gaa saaledes, naar man vil hente en stor Arbejdskraft fra galvaniske Elementer af den Slags, man hidtil har konstrueret. Arbejdskraftens Kilde er nemlig her den kemiske Energi, som frigøres ved Zinkens Opløsning, ligesom den i en Dampmaskine er den kemiske Energi, som frigøres ved Kullets Forbrænding. Nu giver imidlertid et Gram Kul langt mere Varme ved sin Forbrænding end et Gram Zink ved sin Opløsning; det indeholder altsaa langt mere Energi. Ganske vist kan Arbejdskraften under gunstige Omstændigheder udnyttes meget bedre ved den elektriske Strøm end ved Dampmaskinen, hvor sjældent mer end en Tiendedel af Kullets Energi forvandles til Arbejde, men delte kan

dog paa ingen Maade opveje den Omstændighed, at et Kilogram Zink er mange Gange dyrere end et Kilogram Kul. Drivkraft til en Maskine kan man derfor faa langt billigere ved at brænde Kul i en Dampmaskine end ved at »brænde« Zink i et galvanisk Element.

Anvendelsen af galvaniske Elementer er altsaa indskrænket til de Tilfælde, hvor der ikke skal bruges store Kraftmængder, hvis Pris bliver af afgørende Betydning. De kunde derfor benyttes ved Telegrafering, da den elektriske Strøm her blot skal afgive saa megen Arbejdskraft, som kræves til Opskrivning af Telegrammet eller endog blot til at frembringe et synligt Tegn; og paa dette Omraade bruges de ogsaa i vore Dage. Men Opfindelsen af et billigere og bekvemmere Middel til Frembringelse af den elektriske Strøm var den nødvendige Betingelse for Strømmens Anvendelse i det store til Belysning, Motordrift m. m. Det var her Englænderen Faradays (farradæ) Opdagelser, der aabnede en Vej fremad.

Michael Faraday var udelukkende videnskabelig Opdager, ikke praktisk Opfinder. Men alligevel, eller rettere netop derfor, har hans Virksomhed været af grundlæggende Betydning, ikke blot for den videnskabelige Elektricitetslære, men ogsaa for de fleste Omraader af Elektroteknikken. Videnskabsmænd og Teknikere kan let enes om at anerkende Faradays Navn som det største af alle de Navne, der er knyttede til Elektricitetens Historie, ligesom han ogsaa lejlighedsvis er bleven kaldt Elektroteknikkens Fader. Vi vil derfor opholde os et Øjeblik ved Faradays Livshistorie, om end vi ikke kan gaa videre ind paa hans Virksomhed.

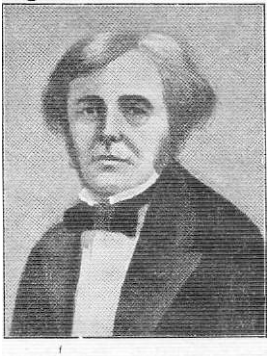


Fig. 32. Michael Faraday.

Faraday (1791— 1867) har om muligt i endnu højere Grad end Watt selv tilkæmpet sig Kundskaber og banet sig Vej frem i Verden. Hans Fader var en fattig Grovsmed, der fra Landet var flyttet ind til London, og hans Moder en Bondepige. Sønnen fik ikke megen Skolegang og maatte tidlig hjælpe med til at tjene Brødet. I tretten Aars Alderen kom han i Tjeneste hos en Boghandler, og her benyttede han sin Fritid til at studere naturvidenskabelige Skrifter og eksperimentere selv.

I Aaret 1812 fik han Lejlighed til at høre en Række populære Foredrag af den før nævnte Davy i »Royal Institution«, en videnskabelig Anstalt, der blandt andet havde til Formaal, at sprede naturvidenskabelige Kundskaber i videre Kredse. Ønsket om at hellige sit Liv til videnskabeligt Arbejde var imidlertid blevet saa brændende hos den unge Faraday, at han dristede sig til at sende den berømte Naturforsker et Brev, hvori han bad ham om en Stilling som Hjælper ved Royal Institution, idet han tillige vedlagde en Ren-

skrift af sine Optegnelser til Forelæsningerne. »Sæt liam til at skylle Flasker,« sagde en Ven af Davy, da han saa Brevet, »er der noget ved ham, tager han mod Tilbudet, dur han ikke, siger han nej.« Davy fik dog hurtig det Indtryk, at Faraday kunde bruges til andet end Flaskeskylning. I 1813 ansatte han den unge Mand som sin Assistent og tog ham samme Aar med paa en længere Udenlandsrejse, under hvilken Davy fremviste Eksperimenter for fremmede Lærde. Faraday kom herved i Berøring med mange store Mænd, og trods sin Beskedenhed gjorde han sig bemarket ved Siden af sin berømte Mester. Han havde ikke faaet paaklistret Dannelse udefra, men han var i sjældent høj Grad i Besiddelse af den Dannelse, som kommer fra Hjærtet og Forstanden; den hjalp ham baade under Rejsen og senere i Livet lil at vinde de Mennesker, han kom i Forbindelse med, samtidig med at han fuldt ud kunde hævde sin Personlighed. »Vi beundrede Davy, men vi elskede Faraday,« skriver den franske Kemiker Dumas senere.

Efter Hjemkomsten fra Rejsen fortsatte han sin Virksomhed ved Royal Institution og blev snart en fortræffelig Foredragsholder og en udmærket Eksperimentator. 1827 blev han Direktør for Anstalten og forblev knyttet til den til kort før sin Død. Efter at han havde gjort nogle af sine første kemiske Opdagelser, blev han opfordret til at træde over i teknisk Virksomhed; men skønt der ad denne Vej aabnede sig langt mere glimrende økonomiske Udsigter for ham, afslog han Tilbudet. Han følte klart, at hans Kald og hans Evner gik i Retning af at udforske Sammenhængen mellem Naturkræfterne; andre kunde saa gøre Opdagelserne nyttige i det praktiske Liv. Man maa dog ikke tro, at han ringeagtede denne Side af Sagen. Mod den, der ved en videnskabelig Opdagelse først og fremmest spurgte om dens Nytte, vendle han Spørgsmaalet: »Hvad Nytte gør et lille Barn;« og han tilføjede: »Sørg for at gøre det nyttigt.«

Af Faradays Opdagelser har mange senere faaet overordentlig stor praktisk Betydning, men det, der ledte Faraday ved hans Undersøgelser, var ikke Hensynet til deres fremtidige Nytteværdi, men alene Ønsket om at vinde Forstaaelse af Naturkræfterne. Han søgte Sammenhængen mellem de elektriske og kemiske Kræfter og fandt derved de i teoretisk og praktisk Henseende lige vigtige Grundlove for den elektriske Strøms kemiske Virkninger. Han vilde udforske Sammenhængen mellem Magnetisme og Elektricitet og fandt derved helt nye Midler til Frembringelse af elektriske Strømme. Hans Stræben efter at naa en dybere Forstaaelse af de elektriske og magnetiske Kræfters Virken førte ham saa langt frem, at hans Samtid ikke kunde følge ham. Grunden hertil var dog for en stor Del den, at Faraday kun havde meget smaa matematiske Kundskaber og ikke benyttede dem ved sin Fremstilling. Nu kunde han selv ved Hjælp af sin mægtige Anskuelsesevne gaa sikkert i Egne, hvor andre kun kunde vinde frem ved at støtte sig til Matematikken, men denne Støttestav kunde han ikke række dem. Der maatte

et matematisk Geni — Skotten Maxwell — til for at hæve flere af de Skatte, Faraday havde nedlagt i sine Afhandlinger, og gøre dem tilgængelige for andre.

Efter at Faraday ved sine videnskabelige Iagttagelser havde vun= det Ære og Berømmelse i og" udenfor sit Fædreland, førte han ligesom tidligere et stille, tilbagetrukket og arbejdsomt Liv. Han bevarede altid sit jævne Væsen og Kærligheden til det Hjem, fra hvilket han var udgaaet. Han holdt trofast fast ved det lille kirkelige Samfund, til hvilket Forældrene hørte, og den store Naturforsker talte ofte ved dette Samfunds religiøse Sammenkomster. De mange Beviser paa Sympati og Anerkendelse, han modtog ude fra den store Verden, voldte ham imidlertid oprigtig Glæde og tjente til at forøge den Lykke, han følte ved Samlivet med sin Hustru og sine Venner.

Under hele sin lange videnskabelige Løbebane førte Faraday en Notebog, hvori han opskrev smaa Laboratorieiagttagelser, Ting som skulde nærmere undersøges o. s. v. Det er et mærkeligt Vidnesbyrd om hans store Ordenssans, at alle disse Noter er inddelte i Paragraffer, der er nummererede med fortløbende Numre; den sidste Paragraf bærer Nummeret 16 041. I disse Noter finder man Spiren til mange af hans Opdagelser. Et Sted staar der saaledes: Omsæt Magnetisme til Elektricitet. Faraday var sikker paa, at denne Opgave, som han i Noterne stiller sig selv, kunde løses. Man kunde, som vi har set, fremkalde Magnetisme ved en elektrisk Strøm, og det var da efter Faradays Mening utroligt, at man ikke ogsaa skulde kunne gaa den modsatte Vej. Det fortælles, at han altid bar en lille Elektromagnet hos sig og i hver ledig Stund tog den frem for at overveje, hvad der skete, naar den kom i Virksomhed. Efter mange Forsøg af forskellig Art lykkedes det ham endelig i Sommeren 1831 at frembringe en elektrisk Strøm ved Hjælp af Magnetisme. Hosstaaende Tegning fra Faradays Notebog viser den Jærnring, han benyttede ved dette første afgørende Forsøg, der indleder en ny Periode i Elektricitetens Historie. Jærnringens ene Side er omvunden med mange Vindinger af en lang Kobbertraad B; under Forsøget forbindes Enderne af denne Traad ved en Kobbertraad, der føres tæt hen over en Magnetnaal. Om Ringens anden Side er der ligeledes viklet en lang Kobbertraad *A* (egentlig tre, af hvilke dog kun den ene brugtes). Naar der gaar en Strøm gennem Traaden A, bliver Ringen magnetisk ikke alene ved denne Side, men ogsaa ved den anden. Faraday fandt nu, at Magnetnaalen drejede sig ud fra sin

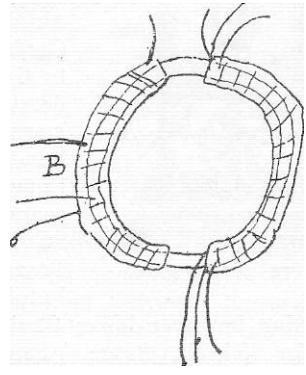


Fig. 33. Faradays Jærnring. (Tegning fra hans Notebog).

Hvilestilling i det Øjeblik, da Strømmen sluttedes; men den vendte straks tilbage dertil igen; afbrødes Strømmen, gjorde Naalen ligeledes et Udslag, men til den modsatte Side. Han sluttede heraf, at der opstod en elektrisk Strøm i Traaden B, naar Jærnet indenfor dens Vindinger pludselig blev magnetisk, og en Strøm i modsat Retning, naar Magnetismen atter forsvandt, medens der ingen Strøm gik, saa længe Jærnets magnetiske Tilstand holdt sig uforandret. Han sagde, at disse Strømme blev »inducerede« (indførte) i Traaden ved Magnetismen, og Strømme, der fremkaldes paa denne Maade kaldes derfor Induktionsstrømme.

Forsøget kunde ordnes paa mange andre Maader. De to Traade, den, Faraday ledede Strøm ind i, og den, hvori Strømmen skulde induceres, kunde rulles udenom hinanden omkring en og samme Jærnstang; en saadan Sammensætning af to Traadruller og en Jærnstang kaldes ofte en Induktionsrulle. Ved denne Ordning kunde Jærnstangen endogsaa undværes; ved Slutning og Afbrydning af en elektrisk Strøm i den ene Traadrulle induceredes der alligevel Strøm i den anden Rulle. Endvidere kunde man fremkalde Induktionsstrømme i en Traadrulle med eller uden Jærnkærne ved hurtigt at nærme en Magnet til den eller fjærne en Magnet fra den. Det blev saaledes muligt at frembringe Strømme alene ved at bevæge Magneter forbi Ruller af isoleret Metaltraad.

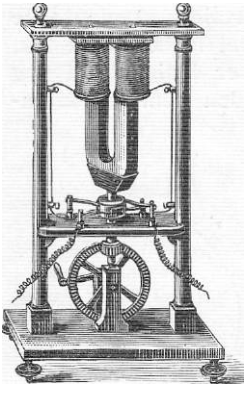


Fig. 34. Pixiis Maskina.

Allerede Aaret efter Faradays Opdagelse konstruerede den parisiske Instrumentmager Pixii en »magnetoelektrisk« Maskine (Fig. 34), ved hvilken en saadan Bevægelse kunde udføres paa en bekvem Maade. En bøjet Staalmagnet var anbragt paa en lodret Aksel, som kunde drejes hurtigt rundt; under Omdrejningen stryger Enderne af Magnetens to Grene (Magnetpolerne) tæt forbi de nederste Ender af to Traadruller med Jærnkærne. Traadene i de to Ruller er forbundne indbyrdes til en Traad, og dennes Ender forbindes saa med den ydre Ledning, gennem hvilken Strømmen skal sendes. Naar nu Magneten drejes rundt, opstaar der i Traadrullerne og den ydre Ledning en Række Induktionsstrømme, som imidlertid skifter Retning for hver halve Omdrejning; de frembragte Strømme kaldes derfor Vekselstrømme. Saadanne Vekselstrømme kan ligesaa vel som ensrettede Strømme frembringe Varme og Lys i Ledningen, men derimod ikke kemiske Virkninger og kun under særlige Betingelser Bevægkraft. Man kan imidlertid opnaa, at Strømmen stadig ledes i samme Retning gennem den ydre Ledning, idet Traadrullernes Traad ikke er i fast Forbindelse med den ydre Ledning, men forbindes med den ved en Kommutalor eller Strømvender; denne

kan bestaa af fire Fjedre, som slæber paa to halvcirkelformede Metalstrimler, der er anbragte om den bevægelige Aksel, men isolerede fra dem og fra hinanden. Men selv om Strømmen i den ydre Ledning saaledes hele Tiden faar samme Retning, vil dens Styrke dog stadig forandre sig, hvad der i flere Henseender kan være en Ulempe.

For at opnaa stærke Strømme ved en magnetoelektrisk Maskine maa man gøre Magneten meget stor, men det blev da upraktisk at dreje den hurtigt rundt. I en Maskine, der konstrueredes af Clarke, blev derfor Traadrullerne og ikke Magneten anbragt paa en drejelig Akse. »Alliance-Selskabet« i Paris byggede efter Clarkes Princip mægtige Maskiner, i hvilke et stort Antal Traadruller (indtil 100) bevægede sig forbi Polerne af en Mængde store Magneter. Disse Alliance-Maskiner fandt praktisk Anvendelse i Fyrtaarne, hvor Strømmen fra dem frembragte elektrisk Lys, idet Maskinen bevægedes af en Dampmaskine. Men de var endnu for store og tunge i Forhold til, hvad de kunde udrette, til at de kunde faa videre Udbredelse.

Et betydeligt Fremskridt var det, da man, som i Wildes Maskine, gik over tii at benytte Elektromagneter i Stedet for Staalmagneter; thi en Elektromagnet kan gøres langt stærkere magnetisk end en Staalmagnet af samme Størrelse. Rigtignok medgaar der saa stadig nogen Strøm til at holde Elektromagnetens Jærnkærne magnetisk, men det behøver ikke at være meget. I Begyndelsen tog man denne Strøm fra en særlig lille Maskine med Staalmagneter. Men i 1866 viste Tyskeren Werner v. Siemens, at man kunde undvære denne Hjælpemaskine, idet Elektromagneten kunde magnetiseres ved selve Hovedmaskinens Strøm.

Dette kan lade sig gøre, fordi Jærnet i Elektromagneten altid til at begynde med indeholder saa megen Magnetisme, som er tilstrækkelig til at frembringe en ganske svag Strøm ved Maskinens Omdrejning; idet denne svage Strøm gaar gennem Elektromagnetens Vindinger, forstærkes dens Magnetisme lidt; derved forstærkes Strømmen og som Følge deraf atter Magnetismen, og saaledes »arbejder Maskinen sig selv op«. En Maskine af denne Konstruktion kalder man en »Dynamo«. Næsten alle Nutidens Maskiner, i alt Fald til Frembringelse af ensrettede Strømme, er Dynamoer.

Faraday havde tidligt frembragt fuldstændig jævne Induktionsstrømme ved mekanisk Arbejde. Naar han drejede en Kobberskive mellem Polerne af en Magnet, opstod der en jævn elektrisk Strøm i en Ledningstraad, som forbandtes dels med Skivens Midte, dels med en Fjeder, som slæbte paa Skivens Rand. Men Frembringelsen af paa en Gang stærke og jævne jlnduktiosstrømme blev først mulig ved den saakaldte Pacinottis eller Grammes Ring, der blev opfundet i 1860 af den italienske Professor Pacinotti og uafhængig af denne nogle Aar senere af Zenobe Gramme, der var Modelsnedker hos Selskabet Alliance. I 1868 indførte Gramme sin Ring i en Dynamo og skabte derved Typen for Nutidens Jævnstrømsdyna-

m o er. Fig. 35 giver en skematisk Fremstilling af Grammes Maskine. Grammes Ring, det vil sige en Jærnring, der er omviklet med en i sig selv tilbageløbende Kobbertraad, kan her dreje sig mellem de to Poler af en bøjet Elektromagnet. Kobbertraaden maa være isoleret fra Jærnringen, men den er blank paa den udadvendte Side, og her slæber to Fjedre paa de Vindinger, der er længst til højre eller til venstre i Figuren. Fra Fjedren til venstre er der ført en Ledningstraad rundt om Elektromagneten, derfra ud, hvor Strømmen skal bruges, og endelig tilbage til den anden Fjeder. Naar Ringen drejes rundt i den ved den store Pil angivne Retning, vil der gennem Traadene opstaa Strømme, som Pilene viser. Man kunde fristes til at tro, at man ved en saadan Maskine kunde faa den elektriske Strøm uden nævneværdigt Arbejde, da Ringens Bevægelser ikke møder andre mekaniske Hindringer end en Smule Gnidning ved Akslen og ved Fjedrene, og den stadig bevarer samme Stilling til Magnetpolerne; men i Virkeligheden vil Strømmene fordele Magnetismen saaledes i Jærnringen, at Magnetpolerne modvirker Bevægelsen (de frembringer nemlig i Ringens venstre Side en Nordpol, som frastødes af Elektromagnetens Nordpol *N* og tiltrækkes af dens Sydpol *S,* medens der til højre i Ringen kommer en Sydpol).

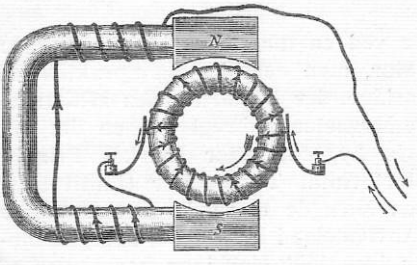


Fig. 35. Skematisk Fremstilling af Grammes Maskine.

I Praksis bestaar Ringens Bevikling i Reglen af overspunden Kobbertraad, men fra et passende Antal Steder paa denne Traad er der, som Fig. 36 viser, ført Ledninger ud til en Række blanke Kobberskinner, der er anbragt paa et isolerende Lag om Akslen; paa disse Kobberskinner slæber saa Fjedrene, eller Børsterne, som de kaldes, da de ofte dannes af Kobbertraadsbørster. I den senere Tid gaar man dog mere og mere over til at danne dem af Kul.

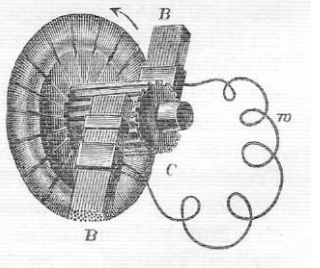


Fig. 36. En Grammes Ring med Kobberskinner og Børster.

Uden i Princippet at afvige fra Grammes Maskine kan man give Jævnstrømsdynamoer mange forskellige Former. Fig. 37 viser en Dynamo, der er konstrueret af Lorenz og Jiirgensen i København. Elektromagnetens to Arme udgaar fra det massive Jærnfodstykke og omslutter næsten helt den cylinderformede Ring. Virkningen forøges endvidere derved, at der ogsaa er anbragt en Elektromagnet inden i Ringen. Ved store Dynamoer bevæger Ringen

sig ofte forbi en hel Kreds af Magnetpoler, som kan være anbragt enten uden om eller inden i Ringen,

Opfindelsen af praktiske strømfrembringende Maskiner kom ogsaa Elektromotorerne (se S. 40) til Gode, En Grammes Maskine kan nemlig uden videre bruges som Elektromotor. Sender man udefra en elektrisk Strøm til Børsterne, hvorfra den gaar ind i Vindingerne om Jærnringen, vil Ringen dreje sig rundt og derunder udføre Arbejde. Dersom de Pile, der i Fig, 35 er anbragte paa Ledningstraadene, angiver Retningen af den Strøm, der sendes ind i Maskinen, vil Magnetismen i Ringen fordeles saaledes, at Elektromagnetens Poler trækker Ringen rundt i modsat Retning af den, der angives ved Pilen inden i Ringen (Strømmen danner nemlig i Ringen en Nordpol til venstre og en Sydpol til højre). I Hovedsagen konstrueres virkelig de strømfrembringende Maskiner (der i det følgende belegnes som Dynamoer) og Elektromotorerne paa samme Maade, om end den forskellige Anvendelse som oftest giver Anledning til en Del Afvigelser af mindre dybtgaaende Natur.

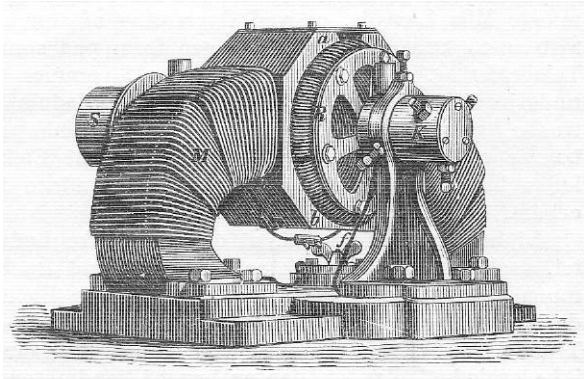


Fig. 37. Lorenz-Jürgensens Dynamo.

Gennem den lange Række af Opfindelser, som er omtalt i det foregaaende, er det nu blevet muligt at flytte og sprede store Mængder af Arbejdskraft ved den elektriske Strøm. Man lader en Dampmaskine, et Vandhjul eller en anden Motor drive en stor Dynamo, der frembringer elektrisk Strøm, og Strømmen fører saa gennem lange Ledninger Arbejdskraften fra Kraftanlægget ud til en eller liere Elektromotorer, der drejer sig rundt og udfører de Arbejder, man ønsker, naar Strømmen ledes ind i dem. Sammenligner vi den elektriske Kraftflytning med Kraftflytning ved Vandtryk, svarer Dynamoen til Pumpen, der driver Vandet gennem Rørledningen, Elektromotorerne til Vandmotorerne, der drives af Vandet fra Ledningen. Som Fordele ved den elektriske Kraftflytning kan det nævnes, at Arbejdskraften økonomisk kan sendes en meget længere Vej, at den bekvemt kan føres til flyttelige Elektromotorer, ja endog sendes ind i Sporvogne under Kørslen, men fremfor alt, at den kan anvendes ikke blot til at udføre mekanisk Arbejde, men ogsaa til Frembringelse af Lys, Varme og kemiske Virkninger. I det følgende

kommer vi nærmere ind paa flere af disse særlige Anvendelser; her er det navnlig selve Overføringen og Fordelingen af Kraften, vi har med at gøre.

Allerede i den første Halvdel af forrige Aarhundrede havde man til telegrafisk Brug ført den elektriske Strøm gennem Ledninger af mange Mils Længde, og ved Overføring af større Kraftmængder ved Strømmen kunde man til Dels gaa frem paa samme Maade som ved Telegrafering. I begge Tilfælde kan Strømmen føres enten gennem underjordiske Kabler eller gennem »Luftledninger«, d. v. s. Metaltraade, som gaar frit gennem Luften, med passende Mellemrum baarne af Træ- eller Jærnstænger. For at Elektriciteten ikke skal ledes bort gennem Stængerne, fæstes Traadene til Klokker af Porcellæn, der isolerer Elektriciteten.

Vi har hidtil forudsat, at den elektriske Ledningskreds var sluttet, saaledes at Elektriciteten, der førtes ud fra Batteriet eller Dynamoen gennem én Traad, vendte tilbage fra Elektromotoren — eller de andre Apparater, hvor Strømmen benyttedes — gennem en anden Traad. Ved Kraftflytningen ved Vandtryk gaar det jo imidlertid ikke saaledes. Vandet, der er brugt i Vandmotoren, plejer man ikke at suge tilbage til Kraftstationen, men lader det frit løbe bort til Søer eller Havet, idet Pumpen paa Kraftstationen saa stadig tager nyt Vand fra en eller anden naturlig Beholdning.

Ved elektriske Strømme kan man i Virkeligheden anvende en lignende Fremgangsmaade. Jorden kan nemlig betragtes som en stor Beholder for Elektricitet; naar man fra den ene Ende af et galvanisk Batteri fører en Metaltraad ned til en Metalplade, der er anbragt i fugtige Jordlag, kan Batteriet suge Elektricitet op fra Pladen, ligesom en Pumpe kan suge Vand op af en Brønd. Men man maa saa ogsaa sørge for, at Elektriciteten kan faa Afløb fra den anden Ende af Batteriet; fra de Apparater, i hvilke Elektriciteten benyttes, maa man derfor ogsaa føre en Metaltraad ned til en »Jordplade«, hvorfra Elektriciteten kan strømme ud i Jorden.

Men medens denne Fremgangsmaade vel kan benyttes ved Telegrafering, er den ubrugelig ved de stærke Strømme, som anvendes til elektrisk Belysning og Kraftoverføring, da de store Elektricitetsmængder, her er Tale om, ikke kan strømme tilstrækkelig hurtigt til den ene Plade og ikke udbrede sig tilstrækkelig hurtigt i Jorden fra den anden Plade. I Byerne vilde desuden de Strømme, som herved opstaar i Jorden, ved deres kemiske Virkninger ødelægge Vand- og Gasrør, Telefonledninger m. m. Ved elektrisk Sporvognsdrift, hvor man ofte af Økonomi bruger Skinnerne som Returledning, maa man finde sig i, at en Del af Strømmen ikke følger dem, men gaar ad andre Veje (vagabonderer) og gør Skade som anført.

Naar Elektriciteten fra en elektrisk Centralstation i en større By sendes ud til Forbrugerne, sker det næsten altid gennem underjordiske Kabler, d. v. s. Kobberledninger, der er beklædte med flere Lag af forskellige Stoffer, som dels skal holde Elektriciteten inde

(f. Eks. Hamp eller Jute gennemtrængt med Beg, Paraffin o, l.), dels holde Fugtighed ude og beskytte Kablet mod Ødelæggelse (f. Eks. Bly, Asfalt, Jærnbaand). Selve Kobberledningen dannes i Reglen af mange Traade, der er sammensnoede til et Tov. Op i hvert Hus, hvor Elektriciten bruges, føres baade en Fremledning og en Tilbageledning for Elektriciteten.

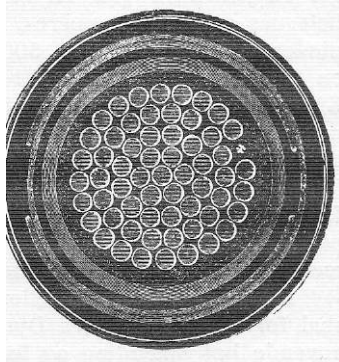


Fig. 38. Tværsnit af et underjordisk Kabel.

I Fig. 39 forestiller *D* Dynamoen, *M* og *N* de to Ledninger, der gaar ud til en Forbruger, og *a, b* og c tre Glødelamper, der lyser ved Strømmen, eller tre Elektromotorer, som drives af den. I Virkeligheden kommer Ledningerne ikke direkte fra Centralstationens Dynamo, men er Forgreninger af et Sæt dobbelte Ledninger, som fra Stationen føres ud i Byen. Dynamoens Virksomhed reguleres nu saaledes, at der altid er en bestemt Forskel mellem Elektricitetens Spænding i Fremledningen *M* (den positive Ledning) og i Tilbageledningen *N* (den negative Ledning). Ved Anlæg, som ikke er meget store, anvendes der gerne en Spændingsforskel paa 110 Volt, d. v. s. omtrent saa meget som et Batteri af c. 100 Daniellske Elementer i det højeste kunde give; de almindeligst brugte elektriske Glødelamper af c. 16 gode Stearinlys's Styrke er indrettede saaledes, at de faar en Strøm af passende Styrke igennem sig, naar de indskydes mellem to Ledninger med denne Spændingsforskel, og Elektromotorer kan ligeledes indrettes efter denne Spænding. Er det elektriske Anlæg indrettet med en anden Spænding, f. Eks 65 eller 220 Volt, maa Lamper eller Elektromotorer være tilpassede derefter. Naar blot den rette Spændingsforskel vedligeholdes, kan man indskyde flere Lamper eller Motorer mellem Ledningerne, uden at den ene generer den anden; men jo flere der er, des stærkere maa den elektriske Strøm, der kommer fra Dynamoen, være, idet den skal deles mellem dem; des større bliver ogsaa Arbejdet med at dreje Dynamoen.

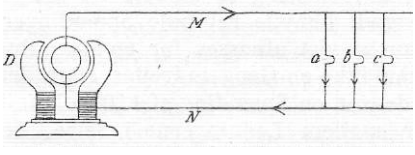


Fig. 39. En Strømkreds med Dynamo og Lamper.

Den elektriske Strøms Arbejdsydelse plejer man ikke at angive i Hestekræfter, men i en anden Enhed, som kaldes en »Watt« (efter James Watt); da den er lovlig lille, anvendes dog hyppigere Enheden Kilowatt (d. v. s. 1000 Watt), der paa det nærmeste er lig 1 1/3 Hestekraft. Forbrugeren, der tager Arbejdskraft fra de elektriske Ledninger, maa betale en bestemt Sum for hver »Kilowatttime«,

ligesom den, der tager Arbejdskraft fra en Dampmaskine, faar en vis Udgift (til Kul) for hver Hestekrafttime, Maskinen leverer. Naar Spændingsforskellen mellem de to Ledninger er 100 Volt, maa der gennem en Elektromotor eller andet elektrisk Apparat, som forbruger en Kilowatt, gaa en Strøm af en ganske bestemt Styrke, der betegnes som 10 »Ampere«. Er Spændingsforskellen mellem Ledningerne derimod f. Eks. 500 Volt, vil en Elektromotor allerede ved en fem Gange saa ringe Strøm — altsaa 2 Ampere — forbruge en Kilowatt. Motorernes virkelige Arbejdsydelse er i begge Tilfælde noget mindre end en Kilowatt, da der altid gaar nogen Arbejdskraft tabt i Motorens Indre; men dette Tab kan dog blive temmelig ringe.

Hvis *a, b* og c i Fig. 16 betyder tre Elektromotorer, der hver for sig forbruger en Kilowatt, maa der altsaa i *M* og *N* gaa en Strøm paa 30 Ampere — 10 til hver Motor — naar Spændingsforskellen mellem dem er 100 Volt, men kun 6 Ampere — to til hver Motor — naar Spændingsforskellen er 500 Volt. Naar Arbejdskraften skal føres langt bort fra Dynamoen, er det imidlertid fox-delagtigt at anvende høj Spænding og forholdsvis ringe Strømstyrke. En Del af den elektriske Spænding, som Dynamoen tilvejebringer, vil nemlig gaa med til at overvinde Modstanden i selve Frem- og Tilbageledningen, saa at Spændingsforskellen mellem *M* og *N* er noget ringere langt fra Dynamoen end nær ved den, og for at dette »Spændingstab« og den dermed følgende unyttige Varmeudvikling i Ledningerne kan blive lille, maa man, naar Strømmen er stærk, gøre Ledningen meget tyk, medens man ved en ringe Strømstyrke kan nøjes med tyndere Ledninger. Hvad man i denne Henseende vinder ved at benytte høj Spænding og ringe Strømstyrke, er meget betydeligt; fordobler man Spændingsforskellen, saa at Strømstyrken kan nedsættes til det halve, kan man nøjes med fire Gange saa lidt Kobber i Ledningerne, uden at Spændingstabet bliver en større Brøkdel af den hele Spændingsforskel, og uden at den Arbejdskraft, som gaar tabt til Varmeudvikling i Ledningerne, forøges.

Ved de elektriske Anlæg, som hovedsagelig er udførte for Belysningens Skyld, kan man nu ikke godt benytte ret høje Spændinger. De elektriske Glødelamper kan ganske vist afpasses for en Spænding af 220 Volt; men Buelamperne kan ikke en Gang indrettes efter den halve Spænding; man maa allerede ved en Spænding af 110 Volt indskyde to almindelige Buelamper mellem Ledningerne i Serie, det vil sige saaledes, at Strømmen maa gaa gennem den ene af Lamperne efter den anden for at naa fra Fremledningen til Tilbageledningen. Man kan altsaa ikke lade den ene Lampe brænde alene, med mindre man i Stedet for den anden indskyder Ledningstraad, der gør ligesaa stor Modstand mod Strømmens Gennemgang; men derved spildes Arbejdskraft til ingen Nytte. Ved højere Spændinger bliver endnu flere Buelamper saaledes knyttede sammen.

Ved et elektrisk Lysanlæg skulde Spændingsforskellen mellem de Ledninger, der føres op til Forbrugeren, derfor ikke gærne være

over 110 Volt. Men dersom Strømmen blot skal føres saa meget som en Kilometer bort fra Centralstationen gennem Ledninger med denne Spændingsforskel, maa de gøres saa tykke og kostbare, at det i Reglen slet ikke vil kunne betale sig. En Centralstations Virksomhedsomraade kan imidlertid udvides betydeligt ved Anvendelsen af det saakaldte Treleder-system, ved hvilket der fører tre Sæt Ledninger med forskellig Spænding ud fra Stationen. I Fig. 40 forestiller *M, O* og *N* tre saadanne Ledninger, som kommer fra Stationen. *M* og *N* har en Spændingsforskel paa 220 Volt, medens O's Spænding ligger midt imellem *M's* og *N's*. Betegner vi Spændingen i *O* ved 0, kan vi betegne den 110 Volt større Spænding i *M* ved -j- 110, den 110 Volt mindre Spænding i *N* ved -;- 110.

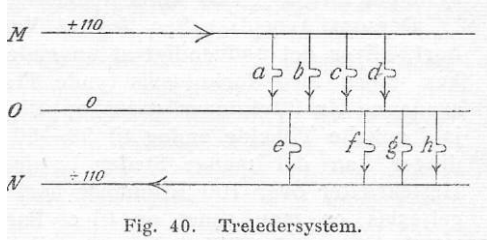


Fig. 40. Treledersystem.

Hvis der mellem *M* og *O* indskydes de 4 Lamper *a, b, c* og *d,* men ingen mellem *O* og *N,* vil der gaa en elektrisk Strøm ind gennem M, dele sig mellem de 4 Lamper og gaa tilbage gennem O; indskydes derimod 4 Lamper *e, f, g* og *h* mellem *O og N* og ingen mellem *M* og O, gaar Elektriciteten ud gennem *O* og tilbage gennem *N.* Antager vi nu, at alle 8 Lamper er indskudte samtidig, vil den Elektricitet, der kommer fra *M* gennem *a, b,* c og *d* til *O* — i Stedet for først at løbe tilbage til Stationen og derfra ud igen — straks gaa ad den korteste Vej over til Lamperne *e, f, g* og *h* og tilbage til Stationen gennem *N;* det lange Stykke af *O* fra Lamperne ind til Stationen faar altsaa slet ingen Strøm i dette Tilfælde. Den samme Strøm, som ved at gaa fra M til O kun nærer 4 Lamper, vil altsaa her paa sin Vej til *N* nære 8 Lamper. Er der flere Lamper mellem *M* og *O* end mellem *O* og *N,* vil en Del af Strømmen fra *M* gaa tilbage gennem O; er der derimod flest Lamper mellem *O* og *N,* kan de ikke faa Strøm nok fra *M,* men Ledningen *O* bringer dem saa det manglende inde fra Stationen,

Idet *M, O* og JV betyder de tre Hovedledninger, som ligger ved Siden af hinanden nede i en Gade (eller som Luftledninger hænger paa Pæle med Isolatorer ligesom Telegraftraade), sørger man nu i Praksis for at anlægge Ledningerne til Forbrugerne saaledes, at der gennemsnitlig vil komme paa det nærmeste ligesaa mange Lamper mellem *M* og *O* som mellem O og *N.* Der vil da kun gaa en svag Strøm frem eller tilbage gennem O, som derfor kan gøres temmelig tynd. Hovedmængden af Elektriciteten vil gaa ud fra Stationen og tilbage til den gennem de to Ledninger *M* og *N* med 220 Volts Spændingsforskel, og de kan som anført ovenfor have fire Gange saa ringe Tværsnitsareal (halv saa ringe Diameter), som hvis deres Spændingsforskel kun havde været 110 Volt, og de skulde nære det

samme Antal Lamper. Treledersystemet har vundet meget stor Udbredelse og kan strække til for mindre Byer. I store Byer maa man selv med Treledersystemet bruge 440 (2 X 220) Volts Spænding og tilmed have flere Centralstationer eller gaa andre Veje. Ved Østre- og Vestre-Elektricitetsværker i Kjøbenhavn bruges Treledersystemet med 2 X 220 Volts Spænding.

Dersom Arbejdskraften fra et Vandfald skal sendes flere Mil bort, bliver det nødvendigt at anvende høje Spændinger, saa at man kan nøjes med forholdsvis tynde Traade. I Amerika er man ved saadanne Kraftflytninger gaaet op til Spændinger paa 40 000 Volt, ja i enkelte Tilfælde endog til 50—60 000 Volt. Ved saa høje Spændinger kan det mange Steder betale sig at føre mange hundrede Hestekræfter over 100 Kilometer bort fra Kraftkilden; kun undtagelsesvis er man gaaet op til et Par hundrede Kilometer, d. v. s. saa langt som fra Silkeborgegnen til Kjøbenhavn, eller fra Gausta-Fjæld til Kristianssand.

Ved de høje Spændinger anvendes i Regler ikke jævne, ensrettede Strømme, men Vekselstrømme som dem, der allerede frembragtes af Pixiis Maskine, naar den benyttedes uden Strømvender. Nutidens mægtigste strømfrembringende Maskiner er da ogsaa i Reglen Vekselstrømmaskiner, men de har naturligvis Elektromagneter, ikke Staalmagneter, som Alliancemaskinerne (S. 45). Elektromagneterne faar som oftest deres Strøm fra en særskilt lille Jævnstrømsdynamo. der drejes af samme Aksel som den store Maskine.

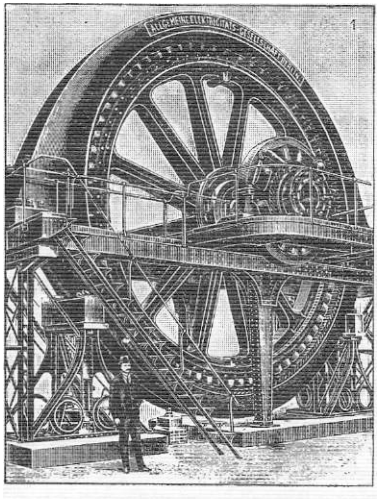


Fig. 41. En Vekselstrømmaskine.

Fig. 41 viser en stor Vekselstrømmaskine fra Pariserudstillingen 1900, Naar Maskinen skal give Strøm, drejes en Kreds af 72 Elektromagneter, hvis Jærnkærner udgaar fra en stor Jærnring, rundt med en Fart af over 80 Omdrejninger i Minuttet, og der opstaar da Vekselstrømme i Traadvindinger, som er anbragte paa en ydre fast Jærnring (denne Ring er paa Figuren delvis skjult af et beskyttende Hylster), Den Dampmaskine, der skal udføre Drejningen, har 4000 Hestes Kraft, og de frembragte Strømmes Spænding er 6000 Volt.

I Reglen fører der tre Ledninger ud fra de store Vekselstrømmaskiner; de tre Vekselstrømme, som gennemløber disse Ledninger skifter vel Retning samme Antal Gange i Sekundet, men Retningsskiftet foregaar ikke samtidig i de tre Ledninger; man siger da, at

de tre Strømme har forskellig »Fase« og betegner dem som Trefasestrømme, Særskilte Tilbageledninger kræves ikke, da hver af Traadene kan tjene som Tilbageledning for Strømmene i de to andre.

Ledes Strømmene gennem hver sin af tre Traadruller, der er vundne om hver sin Del af en Jærnring, vil Magnetismens Fordeling i Ringen stadig forandres paa en saadan Maade, at de Steder, hvor Jærneif er stærkest magnetisk, uafbrudt flytter sig rundt i Ringen; dersom der indenfor Ringen er anbragt en Magnet paa en bevægelig Aksel, vil den dreje sig rundt, og Jærnringen samt Magneten danner altsaa en Motor, som sættes i Gang af Trefasestrømmene. En saadan Motor kaldes en Drejestrømsmotor. I Stedet for en Magnet kan man bruge en Jærnstang eller Jærnring med eller uden Traadvindinger; man kan endog helt undvære Jærnet, da enhver større Metalmasse, som anbringes paa Akslen sættes i Omdrejning af Fasestrømmene. Opfindelsen af disse mærkelige Drejestrømsmotorer skyldes flere Mænd, men den bekendte Opfinder Tesla i Amerika har blandt andre megen Del deri.

Ved elektrisk Kraftoverføring paa lange Afstande udgaar der altsaa hyppigst tre Ledninger fra Kraftanlægget. De føres frem gennem Luften ligesom Telegrafledninger, men de er af Kobbertraad, og man maa sørge for at isolere Traadene særlig godt fra Stængerne og hverandre indbyrdes. Vanskelighederne ved at hindre Elektriciteten i at bryde ud af Ledningerne sætter en Grænse for de Spændinger man kan gaa til og dermed ogsaa for de Afstande, indenfor hvilke elektrisk Kraftoverføring kan betale sig. Ved Anvendelsen af Spændinger paa 40 000 Volt eller mere kan enhver lille Uregelmæssighed give Anledning til, at der springer lange Gnister ud fra Traadene eller endog danner sig Lysbuer mellem dem. Forskellige Steder i Amerika er der saaledes frembragt alvorlige Forstyrrelser ved Insektsværme, der slog sig ned paa Tværarmene mellem Traadene, ved Storme, der medførte Saltstøv, eller endog blot ved taaget Luft. Skal Strømme med flere tusind Volts Spænding føres gennem underjordiske Kabler, maa de isolerende Lag gøres meget tykke.

Det Sted, hvor Kraften skal benyttes, føres Strømmene ind i de saakaldte Transformatorer, i hvilke de omdannes fra Strømme med høj Spænding og ringe Strømstyrke til Strømme med lav Spænding og stor Strømstyrke. Som Transformator for Vekselstrømme kan man ligefrem benytte Faradays Ring (S. 43), dersom Traaden A har mange flere Vindinger end Traaden É; føres en højt spændt Vekselstrøm ind i Traaden *A,* vil der da ved Induktion opstaa en lavt spændt Vekselstrøm i *B.* I Praksis vikles begge Traade helt rundt om Jærnringen, den ene uden om den anden; eller Ringen deles i flere Afsnit saaledes, at hvertandet omvikles med mange Vindinger af tynd Traad, gennem hvilke den højt spændte Vekselstrøm fra Ledningen sendes, medens de andre omgives af færre Vindinger af tykkere Traad, fra hvilken man saa kan lede en lavt

spændt og stærk Strøm ud til Forbrugerne En saadan Transformotor er fremstillet i Fig. 42, hvor Traadvindingerne et enkelt Sted er fjernet, saa at man ser Jærnkærnen *M*. Jævnstrømmes Spænding kan imidlertid ikke nedsættes paa denne simple Maade; man maa her lade den højt spændte Strøm drive en Elektromotor, som saa atter drejer en Dynamo, der giver en Strøm af ringere Spænding. Paa samme Maade maa man i Reglen gaa frem, naar Vekselstrømme skal omdannes til Jævnstrømme, om man end i enkelte Tilfælde kan anvende faste Transformatorer, grundede paa andre Principper. Opfindelsen af bekvemme og simple Transformatorer for dette Øjemed vilde lette Elektricitetens Anvendelser i mange Tilfælde. Allerede nu benytter man imidlertid i adskillige store Byer temmelig højt spændte Vekselstrømme (eller Jævnstrømme), som fra en stor Centralstation sendes ud til mindre Stationer, hvor de saa omdannes til lavt spændte Strømme, der fordeles til Forbrugerne i det omliglig'gende Distrikt.

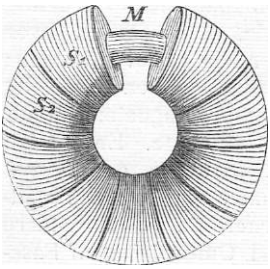


Fig. 42. En Transformator.

De elektriske Ledninger, som bruges til Kraftflytning, medfører forskellige Farer. Dersom et Menneskes Legeme samlidig kommer i ledende Forbindelse med to elektriske Ledninger med stor Spændingsforskel eller med en enkelt Ledning med høj Spænding og Jorden, vil der gennem Legemet gaa en elektrisk Strøm, som undertiden kan virke dræbende. Hvor store Spændinger hertil kræves, kan ikke siges i Almindelighed, da det i høj Grad afhænger af den Modstand, Strømmen møder der, hvor Legemet berører Ledningerne og Jorden; selv ved elektriske Anlæg med forholdsvis lav Spænding, bør Ledningerne derfor altid være anbragt saaledes, at ingen uforvarende kan komme i Berøring med dem. Folk, der skal udføre Arbejde ved Ledningsnettet, kan i mange Tilfælde uden Fare berøre Ledninger med temmelig høj Spænding, naar de bærer Handsker og Sko af Gummi eller andre isolerende Stoffer. Et andet Beskyttelsesmiddel, som nylig er opfundet af den russiske Professor Artemieff, grunder sig paa et Forsøg, Faraday i sin Tid udførte. Faraday viste, at inde i et Bur af Metaltraadsnet var han selv eller en Fugl eller elektriske Maaleapparater beskyttede mod alle elektriske Kræfter, som kom udefra*); af fint, bøjeligt Metalvæv fæstet til Lærred har Artemieff nu konstrueret en Overtræksklædning, der virker som Fara-

*) Naar en Bygning omspændes med et Net af Metaltraade, der er i godt ledende Forbindelse baade med hverandre indbyrdes og med fugtige Jordlag, vil Bygningen væ.-e beskyttet mod Lynets Virkning, selv om Nettets Masker har en Vidde af 10—20 Meter. Dette Beskyttelsesmiddel mod Lynet (Netlynaflederen) er billigere og nok saa betryggende som den ældre Stanglynafleder og begynder derfor nu at vinde Udbredelse.

days Bur. Naar hele Legemet — ogsaa Hænder og Hoved — er omgivet af dette Metalvæv, kan man under visse Betingelser berøre Ledninger med uhyre høj Spænding; i nogle Tilfælde kan der dog mellem Beskyttelsesdragten og Ledningerne dannes elektriske Lysbuer, som ødelægger Metalvævet; men selv i saa Fald vil en Berøring, som ellers betyder den visse Død, i Reglen kun fremkalde nogle Brandsaar. I Fig. 43 ser man Artemieff danne en saadan Lysbue ved at forbinde Ledninger, hvis Spændingsforskel, inden Strømmen sluttes, er 150 000 Volt.

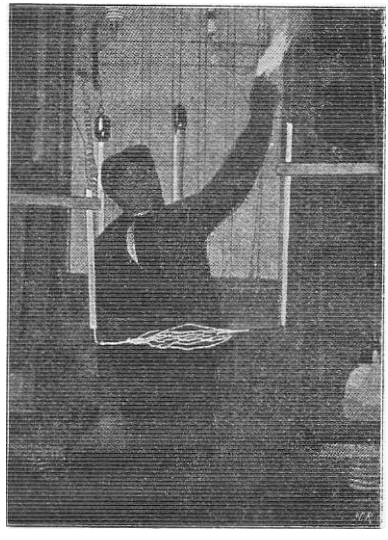


Fig. 43. Artemieffs Forsøg,

De elektriske Ledninger kan endvidere medføre Brandfare. Hos hver Forbruger findes der som anført to Ledninger med forskellig Spænding, og Strømmen ledes fra den ene af dem til den anden gennem det elektriske Apparat (Lampe, Elektromotor o. s. v.), som benyttes. Hvis dette Apparat nu er i Uorden, saa at Strømmen kan gaa igennem det ad en forkert Vej, hvor den næsten ingen Modstand møder, eller hvis den paa anden Maade kan gaa fra den ene Ledning til den anden uden at møde synderlig Modstand, siger man, at der er indtraadt en Kortslutning mellem Ledningerne, og Strømmen kan da blive saa stærk, at den opvarmer Kobbertraaden til en høj Temperatur. Herved kan de isolerende Lag om Kobbertraaden antændes og foraarsage Ildebrand. For at afværge dette, indsætter man paa passende Steder i de elektriske Ledninger en Blysikring, d. v. s. en Blytraad, hvis Tykkelse afpasses saaledes, at den vil smelte og derved afbryde Strømmen, inden Ledningen paa noget andet Sted er bleven varm nok til at fremkalde Antændelse.

Hvis man vil undersøge, til hvilke Virksomheder det kan være fordelagtigt at hente Arbejdskraft fra den elektriske Strøm, maa man først og fremmest holde ude fra hinanden de Tilfælde, hvor Strømmen frembringes af Dampmaskiner, saa at Stenkullene er den egentlige Kraftkilde, og de Tilfælde, hvor Dynamoen drives af et Vandløb, hvis Kraft ellers vanskelig kunde udnyttes, eller paa anden Maade.

Men Hensyn til Strømme, der frembringes af Dampmaskiner er det for det første indlysende, at det vel kan være bekvemt, men ikke økonomisk at anvende dem til Opvarmning af Huse. Vi ved nemlig, at Dampmaskinen allerhøjst kan udnytte en Tiendedel af Kullenes

kemiske Energi, og af denne Tiendedel gaar en Del til Spilde i Dynamoen og Ledningerne; hvis man derimod brænder Kullene inde i Husets Værelser i gode Kakkelovne, kan langt over Havldelen af den Varme, der frembringes ved Kullenes Forbrænding, umiddelbart komme Luften i Værelset til Gode. Der kan under almindelige Forhold heller ikke godt være Tale om at føre Arbejdskraft fra en Dampmaskine gennem lange og kostbare Kobberledninger til store og kraftige Elektromotorer, hvis Arbejde iigesaa godt kunde udrettes af en Dampmaskine paa selve Stedet. Ogsaa ved mindre Virksomheder, hvor et Dampkraftanlæg vel ikke vilde være praktisk, men hvor man kan benytte en Petroleumsmotor, vil denne ofte kunne levere Arbejdskraften meget billigere end Strømmen fra Byens elektriske Centralstation; men til Gengæld er det adskilligt bekvemmere at benytte Strømmen, og smaa Elektromotorer med en Arbejdsydelse fra $^1/_{60}$ Hestekraft til nogle faa Hestekræfter kan med Lethed anbringes i Forbindelse med de forskelligste Maskiner — Værktøjsmaskiner, Symaskiner, Ventilatorer o. s. v. I Kjøbenhavn drives 2—3000 Elektromotorer af Strømmen fra de offentlige Elektricitetsværker.

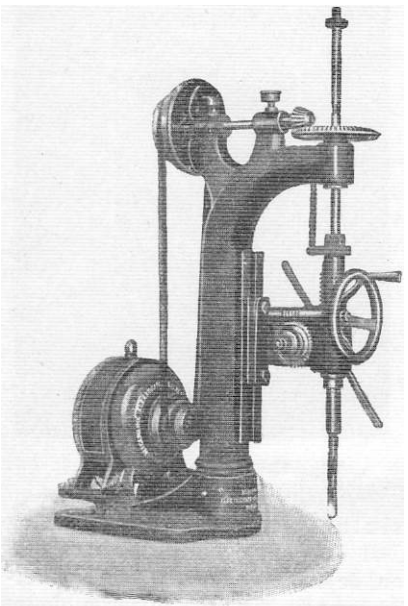


Fig. 44. En transportabel Elektromotor driver en Boremaskine.

I større Fabrikker er det ofte fordelagtigt at sprede Kraften fra Fabrikkens Dampmaskine til de mange enkelte Arbejdsmaskiner ved elektriske Strømme. Som et Anlæg, hvor denne Form for Kraftspredning frembyder særlig store Fordele og derfor ogsaa anvendes efter en stor Maalestok,kan vi nævne Kjøbenhavns Frihavn med dens mange vidt spredte Kraner, Vinder, Elevatorer m. m. Strømmens Anvendelse til Drift af Sporvogne (og Jærnbaner) vil blive omtalt senere saa vel som dens Anvendelse til Opvarmning og Belysning.

Paa det sidstnævnte Omraade er det navnlig Gassen, Elektriciteten maa konkurrere med. I det hele taget frembyder Kraftspredning gennem de elektriske Ledninger fra en Centralstation med Dampmaskine mange Ligheder med Kraftspredning gennem Gasledninger fra et Gasværk. Baade den elektriske Strøm og Gassen henter deres Energi fra Stenkul, og Gassen kan ligesom Strømmen frembringe baade Varme, Lys og mekanisk Drivkraft (i Gasmotorer).

I England og andre kulrige Lande er det ofte blevet fremdraget som et Fremtidsideal, at Kraften skulde føres fra Kulminerne til de store Fabriksbver ved elektriske Strømme, saa at Byerne blev fri for alle de rygende Fabriksskorstene, som ødelægger Luften. Saa længe man kun kan omdanne Kullenes Kraft til elektrisk Strøm ved Dampmaskiner, der lader ni Tiendedel af Kraften gaa til Spilde, er dette dog sikkert kun en skøn Fremtidsdrøm. Ganske anderledes vilde Sagen stille sig, om man kunde opfinde et galvanisk Element, som »brændte« Kul i Stedet for Zink, saa at man kunde faa elektrisk Strøm direkte fra Kul. Saadanne Elementer er virkelig konstruerede men de har været lidet praktiske og medført Udgifter, som opvejede Besparelsen ved at anvende Kul i Stedet for Zink.

Medens Stenkullene fra Minerne, hvor de findes, kan sendes derhen, hvor man har Brug for deres Kraft, var Vandkraften endnu for faa Aartier siden stavnsbundet til Vandløbene, og derved var dens Virksomhedskreds meget snævert begrænset. Den elektriske Kraftflytnings Betydning for Vandkraften kan nu netop betegnes derved, at den i vidt Omfang har løst Vandkraftens Stavnsbaand. Vel kan Vandfaldenes Kraft ikke som Kullenes sendes Hundreder af Mil over Land og Hav, men den kan dog spredes over et Fladerum af mange Mils Omkreds og forvandles til Lys, Varme og til Drivkraft baade for Fabrikker og Jærnbaner. Skønt det først var i det sidste Aarti af forrige Aarhundrede, at man for Alvor begyndte at udnytte Vandkraften ved Elektricitetens Hjælp, er det sikkert ikke for højt regnet, naar man anslaar den Vandkraft, som nu anvendes til Driften af Elektricitetsværker Verden over, til mellem en og to Millioner Hestekræfter. Flere Steder — f. Eks. i Amerika ved Niagara og i Evropa om Rhinfaldet ved Schalfhausen — er betydelige Industridistrikter i Fremvækst omkring saadanne Elektricitetsværker. Og dog er det endnu kun en forsvindende Del af den Vandkraft, Naturen har stillet til vor Raadighed, som vi har lagt Beslag paa. Alene Niagarafaldene i Nordamerika repræsenterer en Arbejdskraft af en halv Snes Millioner Hestekræfter.

Naar Arbejdskraften hentes fra en Dampmaskine, er det navnlig det stadige Kulforbrug, der volder Udgifterne. Ved Vandkraftanlæg er den daglige Produktion af Arbejdskraft langt billigere, men til Gengæld er Anlægsudgifterne i Reglen meget betydelige, da man som oftest maa udføre store Arbejder, inden en Arbejdskraft af Hundreder eller Tusinder af Hestekræfter kan udnyttes i Turbiner. Ved Flcder med stor Vandmængde, men med temmelig ringe Fald maa mm stemme Vandet op ved en Dæmning tværs over Floden; paa denne Maade tvinger man f. Eks. i Nærheden af Genf Rhonefloden til at udføre et stort Arbejde, der udnyttes ved elektrisk Strøm. Dersom et Vandløb ikke fører meget Vand og heller ikke har synderligt Fald paa noget enkelt Sted, kan man ofte alligevel faa en betydelig Arbejdskraft fra det ved at lede Vandet fra et Sted af Vandløbet fil et andet ad en Vej, som hælder mindre end Flodlejet

undtagen et enkelt Sted, hvor Vandet i det kunstige Vandlob faar et betydeligt Fald. Ved dette Sted anbringes saa Kraftstationen med Dynamoer og Turbiner, der modtager Vandet ovenfra gennem høje Rørledninger. Men ogsaa ved høje Vandfald, hvor Naturen selv har sørget for at samle en stor Arbejdskraft paa et Sted, maa man ofte udføre betydelige Arbejder for at faa den udnyttet.

Fig. 45 viser et af Elektricitetsværkerne ved Niagara; Kraftstationen er bygget ved Foden af Niagaras stejle Bred, og gennem det høje Rør i Forgrunden af Billedet tilføres Vandet, der gennem en Vandledning er hentet fra et Sted højere oppe ad Floden. Ved et andet Elektricitetsværk, som ligger to Kilometer fra Faldet og ovenfor dette, har man udboret en Række dybe Skakter med Afløb gennem Tunneler; Vandet styrter saa ned gennem disse Skakter, ved hvis Bund der er anbragt mægtige Turbiner, som kan udvikle flere tusind Hestes Kraft, og Turbinernes lodrette Aksler driver Dynamoer, som findes ovenfor Skakterne.

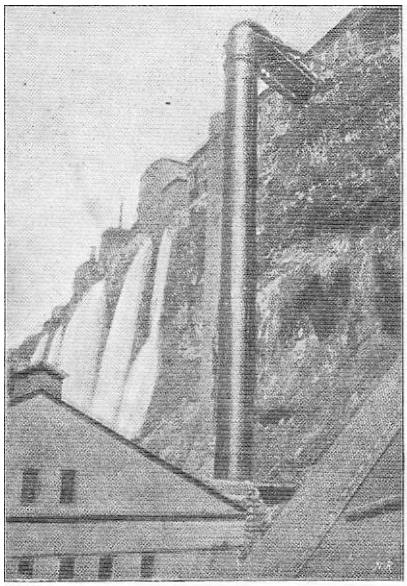


Fig. 45. En Kraftstation ved Niagara.

Saadanne kostbare Anlæg kan naturligvis lettest betale sig i godt befolkede Egne, hvor det er let at faa Arbejdskraften afsat til Jærnbaneselskaber, til Fabrikker eller til Byer, der ønsker elektrisk Lys. Det er adskilligt vanskeligere økonomisk at udnytte den store Arbejdskraft, som de norske Elve mange Steder har stillet til Raadighed i svagt befolkede og lidet tilgængelige Egne. Men naar de øvrige økonomiske Betingelser for Industridrift i stor Stil kan tilvejebringes i Norge, vil Vandfaldenes afsides Beliggenhed dog ikke være nogen afgørende Hindring for deres Udnyttelse. Eksempelvis kan det anføres, at Arbejdskraften fra den bekendte Rjukanfos, hvor der rimeligvis kan indvindes c. 200 000 Hestekræfter, kunde føres ned til Kysten ved en 120 Kilometer lang Kraftledning; og Ledninger af denne eller endnu større Længder er som nævnt allerede anvendt andetsteds.

Selv hvor den elektriske Strøm frembringes meget billigt ved Vandkraft, kan det i Reglen ikke betale sig at anvende den i stort Omfang til Opvarmning i Stedet for Kul, men derimod nok til Drivkraft i store Fabrikker saa vel som til Belysning, og desuden har

de elektriske Vandkraftanlæg faaet en overordentlig stor og stedse voksende Betydning for den kemiske Industri, idet mange kemiske Processer kun kan udføres ved den elektriske Strøm og kun kan betale sig, naar den kan faas billigt.

Ogsaa Landbruget har mange Steder ved Elektricitetens Hjælp kunnet tage Vandkraften i sin Tjeneste. Paa adskillige tyske Godser (forøvrigt ogsaa paa enkelte danske) findes mindre Elektricitetsværker, som drives af Vandkraft eller af Dampmaskiner. Den elektriske Strøm kan da ved smaa og store Elektromotorer drive Tærske- og Hakkelsemaskiner, Pumper, Centrifuger, Kærner o. s. v. eller besørge Markens Pløjning paa lignende Maade som det er beskrevet for Dampmaskinens Vedkommende S. 19. Nogle Steder i Tyskland og Frankrig findes der ogsaa Fælles- eller Andelselektricitetsværker, fra hvilke den elektriske Strøm fordeler Arbejdskraft til de omboende Landbrugere.

Ogsaa for Vindkraftens Udnyttelse har den elektriske Kraftflytning og Kraftforvandling aabnet nye Muligheder. Men skal denne lunefulde Kraft, der melder sig til Tjeneste den ene Dag og svigter den næste, kunne bruges til saadant regelmæssigt Arbejde som at frembringe elektrisk Belysning, maa man have Midler til at opspare Kraften, gemme den hen fra de blæsende til de vindstille Dage. Vi vil derfor vente med at omtale elektriske Strømme, frembragt ved Vindkraft, indtil vi har betragtet den Opgave at *opspare Arbejdskraft*, en Opgave, som ogsaa har stor Betydning for mange andre Forhold, og til hvis Løsning netop den elektriske Strøm har ydet et stort Bidrag.

Naar vi har trukket et Urværk op, har vi derved i Loddet, der er hævet, eller i Fjederen, der er spændt, opsparet den Arbejdskraft, der skal drive Værket i de følgende Timer. Men skulde en Maskine, der krævede en Arbejdskraft af en Hestekraft, holdes i Gang blot en Time af et Lod, der var hævet f. Eks. 10 Meter til Vejrs, maatte dette Lod veje henimod 30 000 Kilogram, og en spændt Staalfjeder, der skulde udrette det samme Arbejde, maatte være endnu langt tungere. Ved Vandkraftanlæg lader man ofte Vandløbet i de Tider, da der er rigeligt Vand, fylde et stort Bassin, Mølledammen, hvorfra der er Fald ned til Vandhjulene; i dette Bassin er der opsparet Arbejdskraft, som kan anvendes i vandfattigere Tider. Men denne Fremgangsmaade kan kun benyttes, hvor Nafurforholdene gør det muligt at danne et meget stort Bassin paa en ikke altfor bekostelig Maade — f. Eks. ved at bygge en Dæmning tværs over en Dal —, eller hvor naturlige Søer, hvis Vandstand kan reguleres, kan gøre Tjeneste som Opsparingsbassiner. Ligefrem at bygge en Beholder, der maatte rumme Millioner af Kilogram Vand og ligge en halv Snes Meter over de Vandhjul, Vandet skulde drive, blot for at den kunde yde nogle faa Hestekræfter i nogle Dage, vilde aabenbart ikke kunne svare Regning.

Undertiden opsparer man Arbejdskraft ved at sammenpresse Luft

i stærke Beholdere; naar Luflen senere strømmer ud, kan den drive Lufttryksmotorer. En Del Omnibusser i Paris medfører saaledes deres Drivkraft i Form af sammenpresset Luft.

Naturen viser os imidlertid selv Vejen frem i en anden Retning. I et eneste Kilogram Kul har den hengemt en kemisk Energi, der i en Dampmaskine kan yde en Hestekraft i en Time, og det er netop ogsaa ved at lade den elektriske Strøm frembringe kemisk Energi, at vi er naaet til en mere praktisk Form for Kraftopsparing.

I 1860 byggede Gaston Plante, Professor i Fysik i Paris, et Slags galvanisk Element, der dannedes af to Blyplader i svovlsyret Vand. For at faa det til at give Strøm maatte man imidlertid først i nogen Tid sende en Strøm igennem det; denne Strøm frembragte inde i Elementet visse kemiske Virkninger, hvorved det fik kemisk Energi, og naar man senere forbandt Enderne af Elementet indbyrdes ved en Ledningstraad, gik der en Strøm igennem den, indtil den kemiske Energi, som var frembragt af den første Strøm — Ladningsstrømmen — var opbrugt. Dette Apparat har senere faaet Navnet Akkumulator (Opsamler), fordi det opsamler den Energi, som tilføres af Ladningsstrømmen. Akkumulatoren kan godt beholde Størstedelen af den Energi, med hvilken den er bleven »ladet«, i Uger eller Maaneder, inden man tager Strøm fra den. Med Hensyn til den kemiske Virksomhed i Akkumulatoren skal det blot anføres, at ved Overfladen af Blypladerne forener Ilt og Svovlsyre sig med Blyet; jo dybere denne Virkning kan trænge ind i Blyet, og jo større Pladernes Overflade er, des mere Energi kan Akkumulatoren optage. For at faa en stor Overflade paa et lille Rum, bygges Akkumulatoren, som Fig. 46 viser, af mange Blyplader, som sættes ned ved Siden af hinanden. Hver anden Plade forbindes saa med en Stang, gennem hvilken Strømmen føres ud i den ydre Ledning, medens Resten af Pladerne forbindes med en anden Stang, til hvilken den anden Ende af Ledningen fæstnes. De Plader, der er i Forbindelse med den sidstnævnte Stang, er i Reglen — som antydet paa Figuren — dannet af et Netværk af Bly, hvis Masker er udfyldt med Blyilte; herved opnaas, at den kemiske Virksomhed helt kan gennemtrænge Pladen.

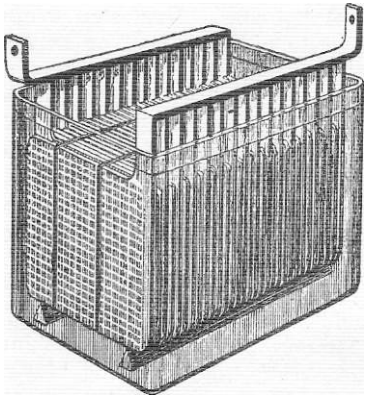


Fig. 46. En Akkumulator.

Paa de elektriske Centralstationer, der navnlig producerer Strøm til Belysning, har man store Akkumulatorbatterier bestaaende af mange hundrede enkelte Akkumulatorelementer (Celler). Paa de

Tider, da der ikke bruges videre Strøm ude i Ledningerne, benyttes en Del af Strømmen fra Dynamoen til Ladning af Batteriet, som saa til Gengæld hjælper Dynamoen med Arbejdet om Aftenen, naar alle Lys er tændte. Ved Hjælp af Akkumulatoren kan man ogsaa sende Arbejdskraft fra den elektriske Station hen til Steder, hvortil man ikke kan føre Ledninger, idet en ladet Akkumulator bringes derhen og giver Strøm til Lamper eller Elektromotorer. Men til dette Brug er Akkumulatoren desværre et meget ufuldkomment Redskab, da den ikke har godt af Rystelser og desuden fylder og tynger for meget i Forhold til den Arbejdskraft, den indeholder. Skal f. Eks. en Vogn drives ved Akkumulatorer, maa den for hver Hestekrafttime, som Elektromotoren skal kunne yde, medføre en Akkumulatorvægt af over 50 Kilogram selv af de alierlelteste transportable Blyakkumulatorer. Ved en Jærn-Nikkel-Akkumulator, som Edison nylig har opfundet, skal man kunne nøjes med den halve Vægt; men endnu er denne Akkumulators forskellige Egenskaber ikke tilstrækkelig kendte

Den elektriske Strøm kan imidlertid ogsaa paa flere andre Maader fremskaffe et Forraad af kemisk Energi, naar man ikke just ønsker, at den opsparede Energi atter skal frembringe elektrisk Strøm.

Simplest kan man opnaa dette ved at lade Strømmen adskille Vand i Brint og Ilt (se S. 38). Brint og Ilt repræsenterer nemlig ligesom Kul og Ilt kemisk Energi, idet der udvikles Varme, naar de atter gaar i kemisk Forbindelse med hinanden og danner Vand. Et Kilogram Brint udvikler endogsaa c. 4 Gange saa megen Varme ved sin Forbrænding som et Kilogram Kul; men har vi saaledes i Brinten en stor Energimængde samlet i en meget ringe Vægt, saa tager den til Gengæld stor Plads op, da et Kilogram Brint fylder c. 11 Kubikmeter. Skønt Luften indeholder Ilt, vil man desuden i Reglen foretrække at opbevare ikke alene Brinten, men ogsaa den Ilt, som Strømmen frembringer af Vandet. Naar Brint blandes med ren Ilt i det Forhold, hvori de giver Vand, vil nemlig Blandingen — Knaldluft — brænde med en overordentlig hed Flamme. Ved at lede en passende Blanding af Brint og Luft eller Ilt ind i en Gasmotor og antænde Blandingen der, kan man faa Stemplet drevet frem ligesom ved Antændelsen af en Blanding af Gas og Luft, men det er dog endnu ikke lykkedes at konstruere en praktisk Brintmotor, navnlig fordi den antændte Blanding eksploderer for voldsomt og fortættes for hurtigt til Vand.

Begge de ovenfor angivne Fremgangsmaader til Kraftopsparing anvendes paa den danske Stats Forsøgsmølle i Askov, hvis Opgave er i Vindkraften, hvormed Danmark er ret velforsynet, at søge Erstatning for den Vandkraft og de Kuloplag, som Landet savner.

Paa Grund af Vindkraftens Uregelmæssighed kan man ikke godt uden videre sætte Vejrmøllens Vindfang i Forbindelse med en Dynamo ved almindelige Tandhjuls- og Remforbindelser. Dynamoen skal nemlig have en jævn Gang, og man maa altsaa paa en eller anden Maade faa det ujævnt gaaende Vindfang til at give en Aksel

en jævn Omdrejningshastighed. Delte har la Cour ved Statens Vindforsøg opnaaet ved at indskyde et »Vippeforlag«, *C,* Fig. 47, der kan hæves og sænkes ved Drejning om Bolten *D,* mellem Dynamoen *M* og den uregelmæssigt bevægede Aksel *A.* Remmen R_1 i?$_2$ kan glide noget paa Remskiverne. Den er nogenlunde lodret, medens Dynamoremmen *r r* er nogenlunde vandret. Det vil nu ingen Indflydelse have paa den sidste, om Vippeforlaget drejes en Smule op eller ned, hvorimod en saadan Drejning vil slappe eiler stramme Remmen R, i?$_2$, saa at denne kan komme til at glide mer eller mindre.

La Cour har konstrueret et særligt Apparat (Kratostaten), der kan regulere denne Glidning saaledes, at en Arbejdsmaskine, der forbindes med Forlaget C, altid vil blive drevet med samme Hastighed. Men naar det som her kun gælder om at drive Dynamoen *M,* hvis

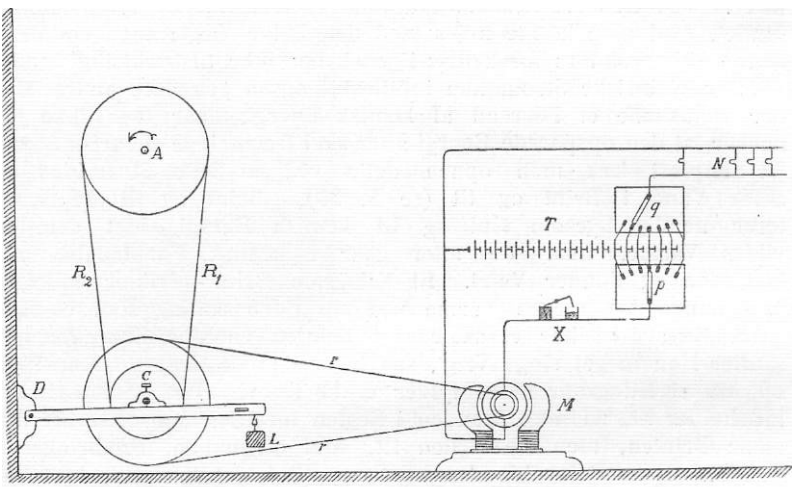


Fig. 47. La Cours Vippeforlag til Ladning af et Akkumulatorbatteri.

Strøm skal udføre et bestemt kemisk Arbejde, f. Eks. Ladning af Akkumulatoren *T,* behøver man kun at give Remmen R_1 i?$_2$ en bestemt Stramhed ved at anbringe en vis Vægt L paa Vippeforlaget. Er dette i Forvejen for tungt, kan *L* virke løftende ved at hænge i en Snor, som fra Forlaget gaar op over en Trisse. Ved den bestemte Belastning kan Remmen R_1 R_2 kun overføre et vist Træk, hvorved der fremkommer en elektrisk Strøm af uforanderlig Styrke, hvor hurtigt end Akslen *A* bevæger sig.

Ved to saadanne Vippeforlag drives paa Forsøgsmøllen to Dynamoer. Den enes Strøm bruges til Vandadskillelse, den andens til Ladning af Akkumulatorer.

Vandets Adskillelse i Ilt og Brint sker i en Række Jærnkar, hvor Strømmen ledes mellem Plader af Jærn. Ilten ledes gennem et Rør hen i Iltbeholderen, der ligesom ved et Gasværk dannes af en Jærn-

klokke, der svømmer i Vand med Aabningen nedad; paa samme Maade samles Brinten i Brintbeholderen. Herfra sammentrykkes hver Luftart for sig ved en Pumpe i Staalflasker med 120 Atmosfærers Tryk, saa at de kan forsendes og bruges andetsteds. Navnlig egner de sig fortrinligt til metalliske Arbejder, da man med en Flamme af Ilt og Brint med Lethed kan sammensmelte alle Metaller, endog om de er iltede (rustne).

Forsøgsmøllens anden Dynamo lader Møllens to Akkumulatorer, og herpaa har der siden Sommeren 1902 været baseret et offentligt Eleklricitetsværk for Beboerne af Askov; Ledningerne er anlagt som Luftledninger og efter Treledersystemet (2 X 110 Volt). Forbruget blandt Kunderne har mest været til Belysning, men ogsaa til Elektromotordrift.

Da det ved et saadant Værk ikke gaar an, at Elektriciteten slipper

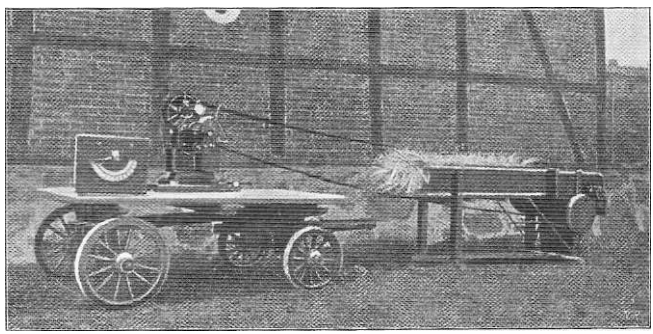


Fig. -18. Eleklriciteten i Landbruges Tjeneste. En Elektromotor driver en Hakkelsemaskine.

op under et større Vindstille, er Forsøg'smøllen forsynet med en Petroleumsmotor (å 12 H. K.) i Reserve. Men som Vidnesbyrd om, at Driften dog hovedsagelig kan ske med Vind, kan tjene, at uagtet Akkumulatorbatteriernes Ladning kun kunde strække til i to Døgn af Aarets mørkeste Tid, har Petroleumsmotoren i den første Vinter kun været brugt 14 Gange og kun tilvejebragt 8 p. C. af det hele Forbrug. Bortset fra Vindstillerne kan Elektricitetsværket næsten passe sig selv. Den ovenfor heskrevne Reguleringsindretning (Fig. 47) sørger for, at den Strøm, der gaar fra Dynamoen, ikke overskrider en bestemt Styrke, men holder sig konstant, naar Vinden blot er stærk nok. Er Vinden upaalidelig, vil en elektrisk Avtomat (X paa Fig. 47) sørge for, at Dynamoen sender Strøm til Akkumulatoren, hver Gang Vinden er stærk nok dertil, saa at al den Energi, der kan udnyttes, ogsaa bliver udnyttet. Paa de Tidspunkter, da Vinden er for svag til al udrette noget, er Strømmen i Dynamoen næsten

Nul, og Bevægelsen møder da ikke anden Modstand end Gnidningsmodstande i Maskineriet; da Møllen saaledes løber tom, gaar den ikke let i Staa. Det er saaledes muligt at bringe den uregelmæssige Vindkraft til at virke langt mere avtomatisk (selvpassende) end f. Eks. Dampkraft og Petroleumsdrift.

Efter at disse Erfaringer er gjort, er andre landlige Elektricitetsværker med Vinden som Drivkraft under Opførelse. For de større vil det være naturligt at bruge Petroleum som Reserve, for de mindre (ved enkelte Gaarde) vil en Hestegang kunne gøre Fyldest. Der er saaledes aabnet Mulighed for, at Nutidens bekvemmeste Form foi Energien, nemlig Elektriciteten, vil kunne komme Landboerne til Gode i den tyndt befolkede Del af Landet, hvor Fordeling ad de tidligere omtalte Veje vilde være uoverkommelig*).

III. REDSKABER OG ARBEJDSMASKINER.

Redskaber til Jordens, Afgrødens og Mælkens Behandling. — Vandløftningsredskaber og Luftpumper. — Redskaber iil Hævning og Flytning af Byrder. — Værktøj og Værktøjsmaskiner. — Spinderok, Væv og Symaskine.

Vi har i det foregaaende set, hvorledes Opfindelsen af Kraftmaskiner og Midler til Kraftoverføring har gjort det let at hente Arbejdskraft fra Naturens rige Kraftkilder. Men for at den Kraft, der saaledes blev stillet til Raadighed, virkelig kunde anvendes i de forskellige Industrigrene saa vel som i Landbrug, Bjærgværksdrift m. m., maatte der paa alle disse Omraader opfindes Arbejdsmaskiner ved hvis Hjælp Kraften kunde forme Stoffet, bearbejde Jorden, løfte Vand til Vejrs o. s. v. Her er det imidlertid ikke en enkelt eller nogle faa Opfindelser, der har haft afgørende Betydning for den hele Udvikling, men der er mange Udgangspunkter, og jo mere vi nærmer os til vor egen Tid, des mere udsætter vi os for at fortabe os i Vrimmelen af sindrige og indviklede Maskiner bestemte for utallige, specielle Formaal. Vi maa da nøjes med paa enkelte Omraader af mere almen Betydning at fremdrage nogle Træk af Udviklingen fra simple Haandredskaber til egentlige Maskiner, der kan bevæges ved mekanisk Drivkraft. Men det er kun i forholdsvis faa Tilfælde at Fremskridtets Vej kan afmærkes ved bestemte tidsfæstede Opfindelser.

De Redskaber, Menneskene tidligst har udviklet ti! en ret høj Grad af Fuldkommenhed, er utvivlsomt Jagt og Kampvaaben; men da de mest indirekte har haft Betydning for Kulturens Fremgang, vil

*) Nærmere Oplysninger om Vindelektricitetsværker findes i »Poul la Cour: Forsøgsmøllen 1903«,

vi her forbigaa dem og i Stedet begynde med Landbrugsredskaberne.

Det ældste Redskab til Jordens Bearbejdelse var utvivlsomt en Trægren, der kunde have forskellige Former og anvendes paa flere Maader og saaledes danne Forbilledet for saa forskellige Redskaber som Hakken, Spaden, Harven og Ploven. Ved det Agerbrug, som i det østlige Finland drives paa afbrændte Skovstrækninger (Svedjer), nøjes man endnu i vore Dage med at oprode den Jord, i hvilken Kornet saas, ved Hjælp af den saakaldte Svedjekratte, d. v. s. en naturlig Gren med Stumper af en eller flere Sidegrene.

Fig. 49. Svedjekratte.

Den af Okser eller Heste trukne Plov blev imidlertid indført mange Steder allerede for adskillige Aartusinder siden, og den betegner et af de allervigtigste Fremskridt, der overhovedet, er gjort i Agerbruget. Men de tidligste Plovformer var rigtignok meget simple og forraader tydeligt Plovens Nedstanining fra en Trægren (Fig. 50). Selv efter at man havde gjort Ploven stærkere ved at anbringe et Jærnstykke der, hvor den skærer i Jorden, var den endnu længe kun et ganske simpelt Redskab til Oprodning af Jorden, og der var en lang Vej frem til Nutidens Plov, der afskærer en firkantet Strimmel Jord, vender den, lægger den til Siden og efterlader en jævn og aaben Fure bag sig. I den gammeldags Hjulplov, som er fremstillet i Fig. 51, ser vi de samme tre Hoveddele, som i den moderne Plov udfører dette Arbejde: Forrest Langjærnet, som løsskærer Furestrimmelens lodrette Side; derefter Skæret, som ved et vandret Snit skærer den af forneden; endelig Muldfjælen, som skyder den løsskaarne Furestrimmel til Siden og ved Hjælp af en Træpind, der er anbragt noget bagud, vælter den over. Medens Langkniven og Skæret er af Jærn, er Muldfjælen blot et skraatstillet Træbræt. Det er let at indse, at Plovens Bevægelse under disse Omstændigheder maa møde en meget stor Modstand, og den afbildede Hjulplov er da ogsaa bestemt til at trækkes af 6 Heste.

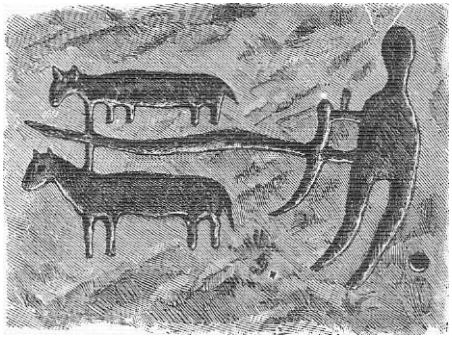


Fig. 50. Helleristning fra Broncealderen af en Mand, der pløjer.

I England gjordes i Midten af det 18. Aarh. betydelige Fremskridt med Hensyn til Konstruktionen af Plove. Skotten James Small søgte

saaledes at give Muldfjælen en rationel Form, idet han afskar en Furestrimmel, snoede den med Hænderne saaledes, at den fik den ønskede Stilling, og derefter dannede en Muldfjæl af Jærn efter Furestrimmelens Form. Samtidig med, at Muldfjælens Form forbedredes, tildannedes Skæret saaledes, at det gik jævnt over i Muldfjælen; endvidere udelod man Hjulene, og Ploven kaldes da en Svingplov. Ållerede i 1770 indførtes de første Svingplove i Danmark; men de vandt kun langsomt Indgang. Endnu et godt Stykke ind i det følgende Aarhundrede kunde man træffe den gammeldags Hjulplov, der foruden 4—6 Heste i Reglen krævede en Betjening af tre Mand, nemlig Plovstyreren og to Kuske. Til Svingplovens endelige Sejr bidrog navnlig den i Fig. 52 fremstillede amerikanske Svingplov, som indførtes i 1820.

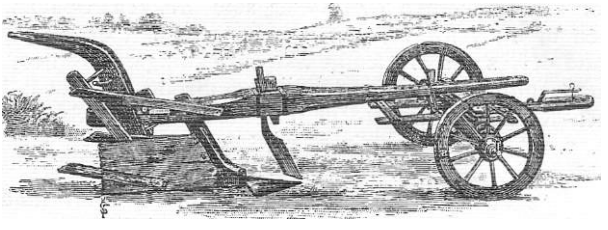


Fig. 51. En 6 Hestes Hjulplov.

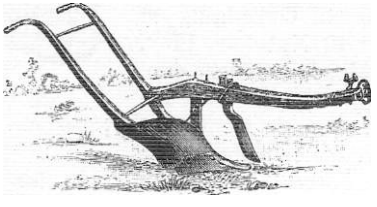


Fig. 52. En amerikansk Svingplov.

Til særlige Formaal er der i nyere Tid konstrueret mange forskellige Slags Plove, f. Eks. Hyppeploven til Hypning af Kartofler, Skrælleploven til overfladisk Pløjning af Stubmarker o. ti.; endvidere store Plove med flere Plovjærn, der trækkes af en Dampmaskine eller Elektromotor.

Harven er ligesom Ploven af gammel Oprindelse. Den kan betragtes som en videre Udvikling af den før omtalte Svedjekratte; ved at forbinde flere Grene, der har Stumper af Sidegrene siddende paa den nedadvendte Side, faar man en Harve af simpleste Art, den saakaldte Kvistharve. —• Af senere Oprindelse er Tromlerne, der ligesom Harverne nu findes i mange forskellige Former.

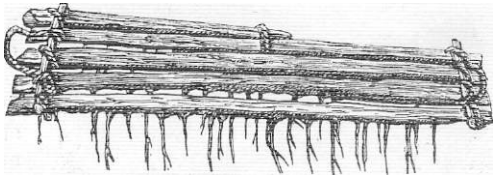


Fig- 53. Kvistharve.

Af de Maskiner, som benyttes ved Kornels Behandling, har Saamaskinerne en anselig Alder. I Kina, Japan og Indien skal man

have benyttet Radsaamaskiner allerede i Oldtiden. Høstmaskinerne tilhører derimod en nyere Tid, selv om der nok tidligere kan være gjort enkelte Forsøg i denne Retning. For Aartusinder siden afskar man baade i Norden og i Ægypten Afgrøden med Seglen, d. v. s. en krum Kniv med et kort Skaft, forsaavidt man ikke ligefrem rykkede Kornet op med Rode. Ved Indførelsen af Leen blev det muligt for en Mand at slaa eller afmeje en langt større Strækning end med Seglen; men Hestekraft kunde man først anvende til dette Arbejde efter Opfindelsen af egentlige Høstmaskiner. I Nutidens Slaa- eller Mejemaskiner, der kan føres tilbage til en Maskine, som den engelske Præst Patrick Bell konstruerede 1826, maa den skærende Del nærmest betegnes som en Slags Klippemaskine. Idet Maskinen trækkes frem, og dens Hjul gaar rundt, føres en Stang med en Række Knive frem og tilbage ved en Krumtap og en Plejlstang (se S. 16). Denne Knivstang glider herved langs en fast Stang, Fingerstangen, med en Række skarpe Staalplader, Fingerpladerne; mellem Knivene og Fingerpladerne afklippes da Græsset eller Kornet. Et Skæreapparat af lignende Indretning findes i de Klippemaskiner, Frisørerne nu bruger. Medens Skæreapparatet er fælles for Græsslaamaskiner og Mejemaskiner, har de sidste tillige Apparater, der aflægger Kornet i Negbunker eller endog binder det i Neg.

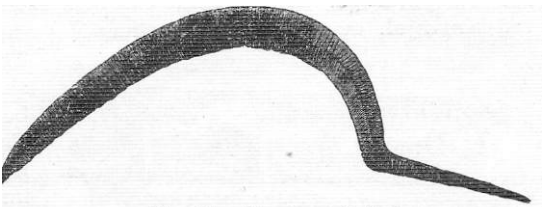


Fig. 54. En gammel Segl.

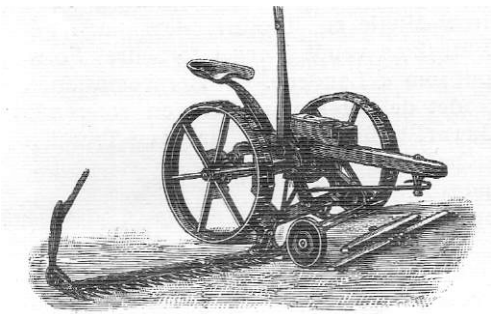


Fig. 55. En Slaamaskine.

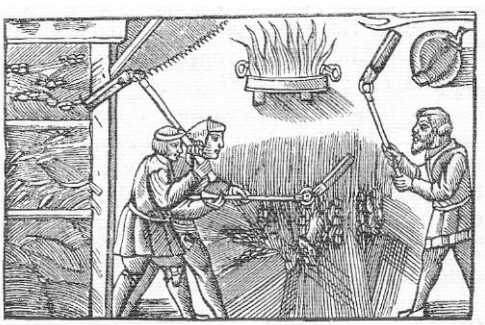


Fig. 56. Tærskning med Plejl i Middelalderen.

Tærskningen af Kornet udførtes i Orienten og udføres til

Dels endnu derved, at Okser trampede rundt i det. I Ægypten trækker Okserne efter sig en »Tærskeslæde« den saakaldte Nurag, der dels bidrager til Tærskningen, dels skærer Straaet til Hakkelse ved Knivhjul, der er anbragt mellem Mederne. Allerede i det gamle Testamente omtales Tærskeslæden, og den kan da betragtes som den ældste Tærskemaskine. I Evropa har denne Tærskemaade imidlertid ikke vundet Indgang; her tærskede man med Plejlen, der bestaar af to sammenbundne Stokke, med hvilke Kornet bankes ud. I 1785 opfandt en fattig Skotte Andrew Mukle en Maskine, der kunde udføre dette Arbejde, og Mukles Maskine vandi i noget forbedret Form temmelig hurtig Indgang rundt om i Landene. I Tærskemaskinen slaas Kornet ud af Straaene, idet de passerer mellem en roterende Tromle og en cylinderbøjet Jærnrist, Broen, som omgiver Tromlen langs en Del — a f dens Omkreds.

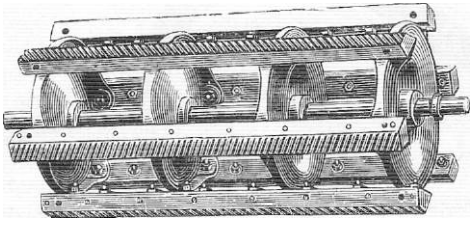


Fig. 57. Slagletromle.

Ved de større Maskiner anvendes i Reglen den saakaldte Slagletromle, hvis Indretning fremgaar af Fig. 57. Idet Tromlen drejer sig rundt c. 1000 Gange i Minuttet, slaar de 6 Trælister med Jærnskinner, Slaglerne, som er anbragt i Omkredsen, Kornet ud af Straaene. I Forbindelse med den egentlige Tærskemaskine anbringes ofte en Halmryster, der afryster det Korn, som er fulgt med Halmen, og undertiden tillige Rensemaskiner, der renser og sorterer Kornet efter Aftærskningen.

Fig. 5S Kvinde som knuser Korn (yngre Stenalder).

Da Kornets Tærskning ikke er et Markarbejde, kunde man hertil forholdsvis let anvende mekanisk Drivkraft, efter at de fornédne Arbejdsmaskiner var opfundne; i de fleste Lande udføres Tærskningen nu i ret betydelig Udstrækning ved Dampkraft.

Langt tidligere blev, som vi har set (S. 5), mekanisk Drivkraft anvendt ved den Behandling af Kornet, som følger efter Tærskningen, nemlig Formalingen.

Fig. 58 viser, hvorledes Kornet i Stenalderen knustes her i Norden, ved at en mindre Sten med Haanden skuredes rundt i en større

fordybet Sten. I de ældste Kværne, som kendes fra Oldtidslevninger i Svejts, var Haandstenen erstattet af en stor kredsformet Sten, der med sin nederste afrundede Flade passede i den faste Stens Fordybning og kunde drejes rundt ved et Haandtag af Træ. Man maatte her løfte Stenen af, hver Gang der var malet en Portion Korn.

Et betydeligt Fremskridt fra disse gamle Kværne betegnes ved de uafbrudt virkende Kværne, hvor nyt Korn under Malingen stadig kan føres til fra oven og fra Midten, medens det formalede Korn af sig selv gaar bort ved Omkredsen. Oprindelig var det Tyngdekraften, der førte Melet ud af Kværnen; den øverste Sten, der var hul og havde Form som et Timeglas, red paa den nederste, kegleformede Sten (Stubben), og idet den drejedes rundt, sank Kornet, efterhaanden som det maledes, ned mellem Stenene og opfangedes i en ringformet Beholder forneden. Fig. 59 viser de to Stene, som hørte til en gammel romersk Kværn; Fig. 1 S. 5 viste en romersk Kværn i Virksomhed. Allerede i Rom var Kornmalingen udskilt fra Landbruget, men dannede dog ikke en særlig Industrigren, da Kværnene var knyttede til Bagerierne. De mange Sigteapparater o. l., der i Nutiden bidrager til at gøre en Kornmølle til et indviklet Værk, manglede ganske, da Sigtningen udførtes ved Haandsold.

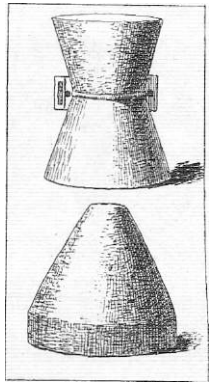


Fig. 59. Møllestene fra Pompei.

Den timeglasformede Møllesten og Stubben blev efterhaanden fladere, som de træffes senere i Frankrig (Fig. 60). Tilmed lavede man dem riglede, maaske først for bedre at rive Kornet, men idet Riglerne anbragtes i Skraastilling, førte de tillige Melet udad. Desuden vil Melet allerede paa Grund af Omdrejningen søge udad mod Omkredsen, ligesom en Sten, man svinger rundt i en Snor søger udad, og da Omdrejningshastigheden gjordes større, kunde man gøre Møllestenene helt flade, som de bruges i vore Dage.

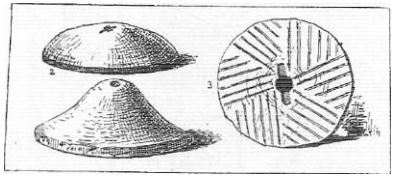


Fig 60. Gamle franske Møllestene.

I Midten af forrige Aarhundrede opfandt Svejtseren Sulzberger en helt ny Fremgangsmaade til Kornmaling, idet han indførte Jærnvalser i Stedet for Møllestene. Kornet sønderrives og knuses dels imellem to Valser indbyrdes, dels mellem Valserne og faste cylinderformede Flader, som omslutter Valserne paa en Del af deres Omkreds. Saadanne Valsemøller anvendes nu i mange Tilfælde baade i Landbruget til mindre Kornknusemaskiner og i store Møller; men de har dog langt fra formaaet at fortrænge Møllestenene. Forøvrigt er Valse-

Fig.61. Kærne af en udhulet Træstamme.

værket med Valser af Jærn eller andet Materiale en Arbejdsmaskine, som i den nyere Tid har faaet stor Betydning i mange forskellige Industrier, ja, den har endog banet sig Vej til Hjemmene (Vridemaskinen).

Til Mælkens Behandling er man først i de sidste Aartier begyndt at anvende Maskiner i nogen videre Udstrækning. Kun Kærnen gaar tilbage til ældre Tid. Fig. 61 viser, hvorledes Kærningen foregaar nogle Steder i det indre Asien; hele Kærnen, der blot bestaar af en udhulet Træstamme, holdes i svingende Bevægelse, indtil de mikroskopiske Fedtkugler, hvoraf Fløden hovedsa-8[eli]g bestaar, har Samlet sig til Større Smørkorn. I Evropa anvendes undertiden det samme Princip, idet hele Kærnen bevæges. Men i Reglen er man gaaet den omvendte Vej, at lade Beholderen med Fløden være fast og saa røre rundt i Fløden. I Rusland foretages denne Omrøring undertiden endnu paa ældgammel Vis med Haanden eller et Ris. Men i Norden brugtes allerede i Middelalderen egentlige Kærner, i Reglen Stampekærner, hvor et gennemhullet Stempel stødes op og ned i Kærnetønden. Det var et meget trættende Arbejde at føre Stempelstangen op og ned med Hænderne; Fig. 62 viser, hvorledes man for nogle Aartier siden paa jydske Bøndergaarde fik Bevægelsen udført paa en noget bekvemmere Maade.

I den saakaldte holstenske Kærne, der rettere bør hedde den danske, udføres Omrøringen ved Omdrejning af en lodret Akse med en eller to Tværrammer, der slaar Fløden mod fremspringende Kanter, Slaglerne paa Kærnens Inderside. Fig. 63 viser et vandret Tværsnit af Kærnen; *a* er de fremspringende Kanter, *b* Tværrammen. Omdrejningen kan let udføres ved en Hestegang eller ved mekanisk Drivkraft.

Fig. 62. En stor Stampekærne.

Det nyttede imidlertid ikke stort,

at man ved mekanisk Drivkraft kunde kærne store Masser af Smør i kort Tid, saa længe man maatte finde sig i at vente halvandet Døgn paa, at Fløden skilte sig ud fra Mælken, og derefter skumme den af med en Ske.

Naar Sødmælken staar roligt hen, overladt til Tyngdekraftens Virkning, stiger Flødens mikroskopiske Fedtkugler til Vejrs, da de er lettere end Mælken omkring dem; men Bevægelsen gaar uhyre langsomt, fordi den Kraft der driver hver enkelt Fedtkugle til Vejrs — Opdriften —, er uhyre ringe. Kunde man gøre Tyngdekraften større, vilde ogsaa Opdriften blive større og dermed Bevægelsen hurtigere; men denne Mulighed syntes rigtignok paa Forhaand udelukket.

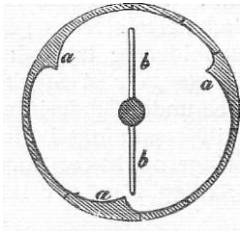


Fig. 63. Vandret Tværsnit af en dansk Kærne.

Svinges en Spand med Mælk hurtigt rundt i et Tov, saa at Spanden kommer til at bevæge sig i en vandret Cirkel, faar Mælken omtrent lodret Overflade og trykker udad paa Spandens (lodrette) Bund, og de inderste Dele af Mælken trykker udad paa dem længere ude. Skønt dette nu kun er en Virkning af de enkelte Mælkedeles F'art, som søger at fjærne dem fra Midten, uden at der i Virkeligheden er noget, der trækker udad i dem, siger man dog for Nemheds Skyld, at de trækkes udad af en »Centrifugalkraft«, hvis Størrelse saa tænkes maalt ved det udadgaaende Tryk, som den betragtede Mælkedel udøver paa Mælken udenfor den. For henved et halvt Aarhundrede siden fremsatte nu den tyske Professor Fuchs den Tanke, at man ved Skumningen kunde erstatte Tyngdekraften med Centrifugalkraften, der ved stor Omdrejningshastighed kan blive meget stor.

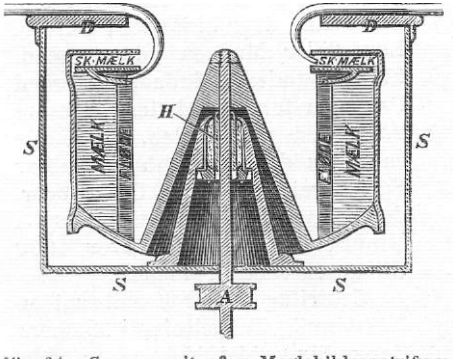


Fig. 64. Gennemsnit af en Maglekildecentrifuge.

Først adskillige Aar senere konstruerede Tyskeren Lefeldt og Danskei-en Winstrup Centrifuger, der kunde anvendes i Praksis; idet Sødmælken anbragtes i et cylindrisk Kar, der drejedes hurtigt rundt, søgte den ud mod Omkredsen og lagde sig der som et cylindrisk Lag; men da Centrifugalkraften ligesom Tyngdekraften virker stærkere paa Mælken end paa Fløden, faar denne sidste nu en »Opdrift« indad mod Midten; denne Opdrift kan ved hurtig Omdrejning blive Tusinder af Gange større end den, der fremkaldes af Tyngdekraften; Fløden kan da i faa Minutter adskilles fuldkomnere frs Mælken end i mange Timer efter den gamle Fremgangsmaade.

Ved de ældste Centrifuger maatte man, naar en Portion Sødmælk var adskilt i Fløde og Skummetmælk, standse Bevægelsen ganske jævnt og langsomt, saa at Mælken og Fløden ikke blandede sig; derefter skummedes Fløden saa af paa sædvanlig "Vis. Winstrups Centrifuge var dog selvskummende. En uafbrudt virkende Centrifuge konstrueredes først i 1878 af L. C. Nielsen paa Maglekilde Maskinfabrik i Roskilde. Fig. 64 viser en »Maglekildecentrifuge« i Gennemsnit. Indeni den faste Beholder *S* drejes Mælkebeholderen rundt; Sødmælken ledes gennem et Rør (som ikke ses) ned til Bunden af Beholderen; tre lodrette Plader, Medbringerne, som fra Beholderens Vægge gaar et Stykke ind mod Midten, tvinger Mælken til at følge med under Omdrejningen; den gaar da til Vejrs, stiller sig lodret og adskilles samtidig i Fløde og Skummetmælk, som Figuren viser. Medbringerne bærer foroven lidt under Beholderens Laag en vandret >)Skilleplade«, der ikke naar helt ud til Beholderens Væg; Skummetmælken kan da trænge op over Skiilepladen og opfanges her af et bøjet Rør, der fører den bort. Paa lignende Maade opfanges Fløden under Skillepladen af et Rør.

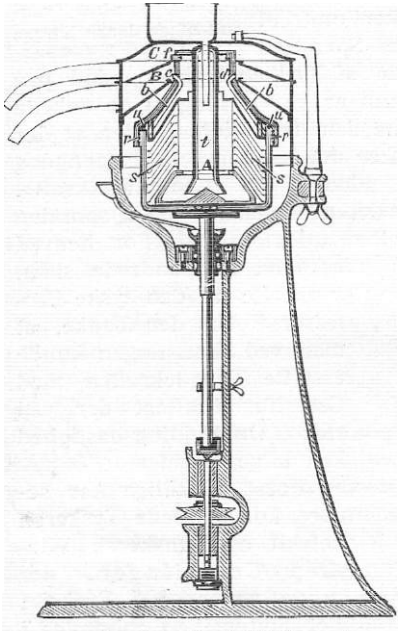


Fig. 65. Gennemsnit af Alfa-Separatoren.

Senere er der konstrueret andre hurtigere virkende Centrifuger, blandt andet den saakaldte Alfa-Separator, hvor Mælken inde i Beholderen ved kegleformede Blikplader deles i en Række tynde skraa Lag over hinanden; i hvert Lag glider Mælken yderst udad, Fløden inderst indad, hvorved Passagen foregaar lettere ligesom Færdselen paa Gaden, naar alle gaar paa det Fortov, hvor de har Fortovsret. Man har Centrifuger, der gør 5—7000 Omdrejninger i Minuttet og skummer over 1000 Kilogram Mælk i Timen.

Centrifugen har frembragt en fuldstændig Omvæltning i Mælkens Behandling, idet Mælken nu ikke som tidligere skal opbevares og holdes afkølet et Døgn eller to i store Bøtter, hvor Fløden kan udskilles, men kan skummes ren i Centrifugen kort efter Malkningen. Da en enkelt Centrifuge kan behandle store Mængder af Mælk, udskilles Mælkens Behandling i Reglen bedst fra det egentlige Landbrug og forlægges ti! særlige Mælkerier, som behandler Mælken fra mange Ejendomme, og som med Dampmaskiner, Centrifuger, Kærner, Pasteuriseringsapparater

m. m. fuldstændig faar Karakter af Fabrikker. I intet Land er vel denne Omvæltning foregaaet hurtigere og fuldstændigere end i Danmark, hvor der i Løbet af en Snes Aar er fremvokset over 2000 Centrifugemælkerier, for Størstedelen som Andelsforetagender, medens samtidig Landets Smørproduktion er steget i en forbavsende Grad.

I de Lande, hvor kunstig Vanding var en nødvendig Betingelse for Agerbruget, har Trangen til bekvemmere Redskaber til Vandløftning tidligt gjort sig gældende, og denne Gruppe af Redskaber er derfor i sin første Oprindelse ligesom de andre Redskaber, vi har omtalt i det foregaaende, nøje knyttet til Landbruget,

I Ægypten har Jordens Vanding fra de ældste Tider været et af de allerbetydeligste Landbrugsarbejder, og her havde man allerede i Oldtiden Spandeværker, der øste Vandet op. Spandeværket bestaar af et stort Hjul, langs hvis Omkreds der er paahæftet Spande saaledes, at de fyldes med Vand, naar de under Hjulets Omdrejning er dybest nede, men hælder det ud i en Rende, naar de er kommet lidt forbi det højeste Punkt.

I Europa anvendte man i Middelalderen og senere i Stedet for Spandeværket det saakaldte Paternosterværk, der i Princippet er det samme som Nutidens Kædepumper, hvis Indretning fremgaar af Fig. 66. En i sig selv tilbageløbende Kæde (Kæde uden Ende) er besat med en Række Skiver; idet Kæden føres rundt af det Hjul, hvori den hænger, passerer dens opadgaaende Side gennem et Rør, som slutter temmelig nøje om Skiverne, og naar der staar Vand over Rørets nederste Ende, vil Vandet føres til Vejrs af Skiverne. I Paternosterværket var Kæden med Skiverne erstattet af et Tov med en Række Kugler; desuden var dette Kugletov i Reglen baade foroven og forneden ført om faste Hjul, af hvilke det nederste maatte følge med, naar det øverste drejedes.

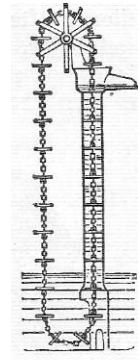


Fig. 66. En Kædepumpe.

Et fortræffeligt Middel til Vandløftning er Vandsneglen eller Arkimedes' Skrue, som skal være opfundet af Grækeren Arkimedes, der levede i Syrakus i det 3. Aarh. f. Kr. Den bestaar af en skraatstillet Tromle med en hul Skruegang (Fig. 67); for hver Omdrejning dykker den nederste Ende af Skruegangen ned i Vandet og indtager en vis Vandmængde, og idet Tromlen vedvarende drejer rundt, glider denne og de følgende Vandmængder jævnt opad, til de tilsidst flyder ud ved Tromlens øverste Ende. Den bruges meget endnu i vore Dage, og naar Vandet ikke skal løftes ret højt, er den i mange Tilfælde det bedste Løfteapparat, man har.

De vigtigste af alle Vandløftningsredskaber er dog ubetinget de egentlige Pumper med Ventiler og Stempler.

Ventilen beskrives allerede 100 Aar før vor Tidsregning i Heros Værk om Vand- og Luftkunst (se S. 6); men den Grundighed, hvormed Hero beskriver den, kunde tyde paa, at denne vigtige

Opfindelse den Gang var noget nyt. Ventilen er en »Dør«, der aabner sig, naar der trykkes paa den fra den ene Side, men lukker sig vand- og lufttæt, naar Trykket kommer fra den modsatte Side. Indskydes en saadan Dør paa en Vand- eller Luftstrøms Vej, kan Strømmen altsaa frit gaa til den ene Side, men ikke drives til den modsatte Side. Fig. 68 viser Ventilen, som den beskrives af Hero; den bestaar af to ved Hængsler forbundne Klapper, der kan slutte tæt til hinanden, saa at Klappen *CFGH* (den egentlige Ventil) lukker for det runde Hul i Pladen *AB CD*.

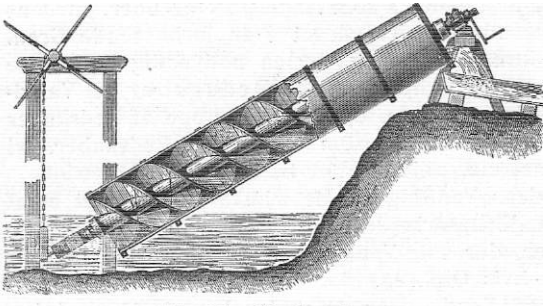


Fig. 67. Vandsneglen.

I de almindelige Sugepumper er Ventilerne ofte indrettede efter disse Grundsætninger, selv om de ser noget anderledes ud end Heros'. Det faste Stykke er her et Stykke Træ eller Jærn med Hul i, og den bevægelige Klap er en Læderlap, fæstet i den ene Side, saa at den i naturlig Stilling lukker for Hullet, men bøjet opad aabner for det. Ovenpaa Lappen og undertiden ogsaa under denne, er der anbragt en lille Træ- eller Jærnldods; Klodsen paa den nedadvendte Side er lidt mindre end Hullet og gaar ind i dette. Sugepumpens Indretning er vist i Fig. 69. Sugerøret *aa* har nede i Vandet en Aabning med en Rist, der hindrer Snavs, Frøer, o. lign. i at komme ind i det; foroven lukkes det med en Ventil, »Hjærtet«. I Røret *b b* kan Pumpestangen bevæge det tætsluttende Stempel, »Spanden«, der er gennemboret og foroven lukket med en Ventil, Begge Ventiler kan aabne sig opad og tilla-

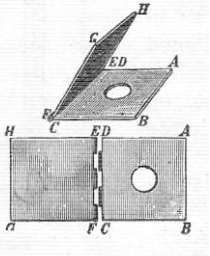


Fig. 68. Heros' Ventil.

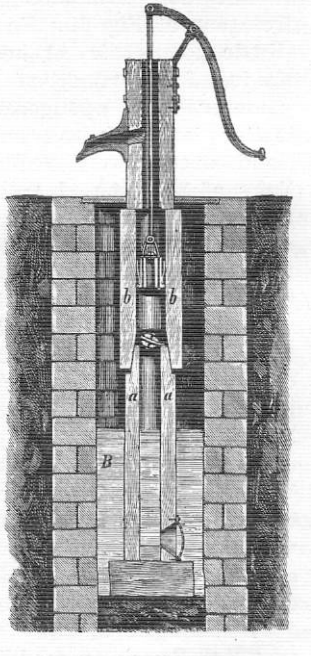


Fig. 69. En Sugepumpe.

der altsaa kun Passage i den Retning. Naar Spanden gaar ned, baner Luften under den sig Vej op gennem Ventilen; men naar den atter gaar i Vejret, kan der ikke komme Luft ovenfra ned under den, og Luften under den bliver da udvidet og fortyndet og trykker mindre paa Hjærtet. Dette aabnes da ved det opgaaende Tryk af Luften i Sugerøret; idet denne nu udbreder sig baade i Suge- og Stempelrøret, bliver ogsaa den fortyndet, og den ydre Lufts Tryk paa Vandet i Brønden vil trykke Vandet 1 il Vejrs i Sugerøret, maaske endog et Stykke op over Hjærtet. Det en Gang over Hjærtet hævede Vand kan ikke slippe tilbage under Spandens nedadgaaende Bevægelse; men næste Gang Spanden gaar opad, føres det højere til Vejrs, og nyt følger efter. Da den ydre Lufts Tryk ikke kan trykke Vandet mere end 10 Meter op i Pumpen, maa Spandens Højde over Vandspejlet i Brønden være mindre end 10 Meter (i Praksis højst 7—8 Meter). Men dersom Vandet blot kan komme op over Spanden, kan man derefter faa det løftet saa højt det skal være.

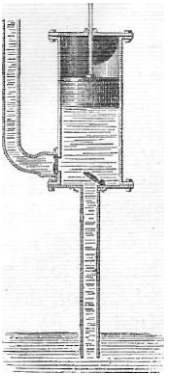


Fig. 70. En Trykpumpe.

Naar Vandet skal løftes til en betydelig Højde, vil man dog i Reglen foretrække at bruge Trykpumpen. I denne er Stemplet ikke gennemboret; men det Vand, der er kommet op over Hjærtet, presses til Vejrs gennem et Siderør med indadgaaende Ventil (Fig. 70). I vore Dage laves baade Suge- og Trykpumper hyppigt af Jærn.

Hvornaar Sugepumpen er opfundet, ved man ikke; men Hero kendte i alt Fald Trykpumper, der dog ikke havde Sugerør, idet Stempelrørets nederste Del med de to Ventiler anbragtes helt under Vand. Hero beskriver nemlig en Brandsprøjte med to saadanne Trykpumper, hvis Stempler trykkedes ned skiftevis, idet de var forbundne med en Tværstang, der kunde vippe om sit Midtpunkt (Fig. 71). Naar Sprøjten anbragtes i et Kar med Vand, traadte Vandet ind i Pumperne gennem deres Bundventiler, og Stemplerne *K* og *M* drev da skiftevis Vandet gennem Ventiler ved *P* og *R* ind i Røret *PR,* hvorfra det gaar op i Straale-

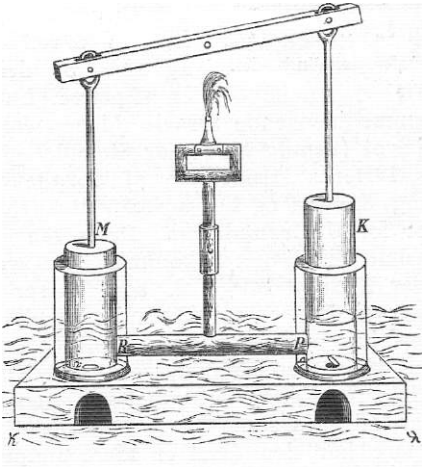


Fig 71. Heros Brandsprøjte.

røret. Saa vidt er Heros Sprøjte i det væsentlige indrettet ligesom Nutidens mindre Brandsprøjter, og dette Apparat er altsaa et Par Aartusinder gammelt. Men da »Sprøjteslangen« ikke kendtes paa Heros Tid, var den øverste Del af Straalerøret indrettet saaledes, at dets Munding kunde pege i forskellige Retninger.

Efter Heros Tegning synes Oldtidens Brandsprøjter desuden at have manglet »Vindkedlen«, som man nu altid anvender for at gøre Vandets Udstrømning jævn. Maaske kan den dog have været der alligevel; i hvert Fald beskriver Hero et andet Sted en »Sprøjtekugle«, som i Virkeligheden netop er en Vindkedel. I en stærk Kugle *A B* (Fig. 72) er der fastloddet et Rør DE, som gaar næsten ned til Bunden af Kuglen og foroven staar i Forbindelse med Mundingen *S* gennem et tvedelt Rør. Gennem et andet Rør *T V* kan man presse Vand ind i Kuglen, og vi vil for Simpelheds Skyld antage, at dette sker ved Hjælp af en Trykpumpe. Dette Vand vil da dels trykke Luften i Kuglen noget sammen, dels stige op gennem Røret DE og sprøjte ud af *S*. Dersom det her møder en betydelig Modstand i den snævre Munding, og det tillige pumpes ind gennem TV af en kraftigt virkende Trykpumpe, kan Luften i Kuglen blive stærkt sammenpresset, og selv om man i nogen Tid holder op at pumpe, vil den sammenpressede Luft blive ved at drive Vandet op gennem DE og ud af *S;* der vil med andre Ord, fordi der er afspærret Luft i Kuglen, træde en jævn og sammenhængende Straale ud gennem *S,* skønt Trykpumpen virker ujævnt (nemlig kun naar Stemplet gaar ned).

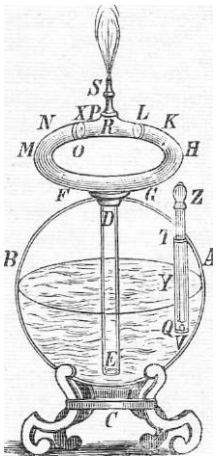


Fig. 72. Heros Sprøjtekugle eller Vindkedel.

I Heros Beskrivelse af Sprøjtekuglen indføres Vandet paa en langsommere og besværligere Maade, og medens det indføres, lukkes der for Udstrømningen. Dette sker ved, at Rørstykket XL drejes, saa at Mundingen *S* kommer til at vende nedad; *XL* har nemlig i hver Ende et lille Hul, som passer med smaa Huller i det bøjede Rørs to Ender, naar S vender opad, men ikke, naar *S* vender nedad. Her har vi altsaa en Indretning, som vi kunde kalde en Hane, ilet man ved den ligesom ved Nutidens Haner kan lukke eller aabne for Vandet efter Behag. Men af Hero blev Hanen aabenbart ikke saaledes som Ventilen betragtet som et særligt Apparat; først senere har den faaet en mere simpel og praktisk Form og vundet almindelig Udbredelse.

Nutidens Vindkedel er dog ikke kugleformet som Heros, men er ellers ligesom denne en lukket Beholder, i hvis øverste Del der under Pumpningen afspærres og sammentrykkes Luft, medens Vandet føres ind og ud gennem to Rør, der udmunder i den nederste

vandfyldte Del. Den anvendes ikke blot ved Sprøjter, men overalt, hvor man ved Trykpumper vil anvende en jævn Vandstrøm; ved Vandforsyning af en By eller ved Kraftoverføring ved Vandtryk (S. 33) presses Vandet fra Pumperne altsaa ind i en Vindkedel og strømmer først derfra ud i Ledningerne,

"Det Princip at bruge to Pumperør, hvis Stempler forbindes saaledes, at det ene gaar ned, naar det andet gaar op, blev fra Brandsprøjten (Fig. 71) overført paa store Damppumper i Bjærgværker og andetsteds; idet Dampmaskinen forsynes med Vippe (se Fig. 11 S. 14), kan de to Pumpestænger ligefrem forbindes med hver sin Side af Vippen. I nyere Tid nøjes man imidlertid hellere med et enkelt Pumperør, men gør saa Pumpen dobbeltvirkende ved at anbringe Ventiler og Suge- og Trykrør ved begge Ender af Pumperøret.

Pumper af samme Indretning som Tryk- og Sugepumper for Vand, kan ogsaa gøre Tjeneste som Luftpumper, henholdsvis til Sammentrykning og Fortynding af Luft. Dersom Siderøret paa Trykpumpen Fig. 70 fører hen til en lukket Beholder, og det andet Rør ikke gaar ned i Vand, men udmunder frit i Luften (eller heltmangier), vil der ved Pumpningen blive sammentrykket eller fortættet Luft i Beholderen. Sugepumpen virker jo endog i Begyndelsen som en Luftpumpe, idet den fortynder Luften i Sugerøret, og dersom dette Rør i Stedet for at gaa ned i Vand var forbundet med en lukket Beholder, vilde Luften i denne blive fortyndet, om end Fortyndingen ikke kunde drives ret vidt med en groft konstrueret Træpumpe. Men selv om vi nu kan se, at der kun er et lille Skridt fra Vandpumper til Luftpumper, følger ikke deraf, at dette Skridt har været let at gøre. Der gik i Virkeligheden mange Aarhundreder efter Sugepumpens Opfindelse, inden man fandt paa at bruge en Pumpe til at frembringe en Fortynding af Luften i en Beholder.

Det er den magdeborgske Borgmester Otto v. Guericke (1602—1686), der har Æren af denne Opfindelse. Han vilde af videnskabelige Grunde prøve, om det ikke var muligt at frembringe et lufttomt Rum, og han mente at kunne opnaa dette ved at pumpe Vandet ud af en Trætønde, der var helt lukket og fyldt med Vand. Han faslskruede i den Anledning til Tønden en Messingpumpe, der dog ikke som en almindelig Sugepumpe havde gennemboret Stempel; i Stedet for var der nær ved Bunden af Stempelrøret en lille Sideaabning med en Hane, der holdtes lukket, naar Stemplet gik udad og sugede Vand fra Tønden gennem Bundventilen, men som aabnedes under Stemplets indadgaaende Bevægelse. Ved Pumpningen gik Tønden imidlertid i Stykker, og ved et følgende Forsøg sivede Luften under stærk Syden ind igennem Træets Porer. Senere anvendte Guericke i Stedet for den vandfyldte Trætønde en luftfyldt Kobberkugle (Fig. 73), og han kunde nu virkelig pumpe Luften ud af Kuglen, saa at den blev næsten lufttom. Første Gang brast rigtignok Kuglen, presset sammen af den ydre Lufts Tryk, men en ny,

stærkere Kugle taalte Trykket, og da Guericke efter nogen Tids Pumpning aabnede en Hane, der var anbragt paa Kuglen, havde han den Glæde at høre Luften trænge hvislende ind gennem Hanen. Naar Kuglen nærmede sig til at blive lufttom, blev Pumpen meget tung at trække; i de følgende Apparater sørgede Guericke for, at Arbejdet kunde udføres paa noget bekvemmere Maade og indførte andre Forbedringer. Senere har man konstrueret Fortyndingsluftpumper, der har Ventiler baade i Bunden af Stempelrøret og i Stemplet selv, ligesom Sugepumpen; dog er Ventilerne i Reglen indrettet anderledes end i denne. Foruden de forskellige Luftpumper med Stempel og Ventiler eller Haner, er der efter helt andre Principper konstrueret Luftpumper, som kan drive Fortyndingen til en særlig høj Grad eller er særlig bekvemme at benytte.

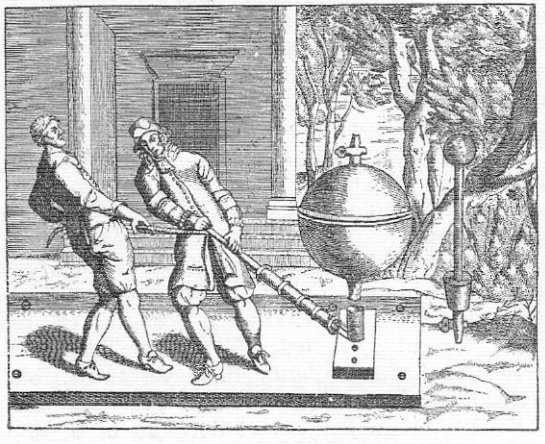


Fig. 73. Otto v. Guerickes Udpumpning af en Kobberkugle.

Hvornaar Anvendelsen af Fortætningsluftpumper er indført, er ikke saa let at angive. Allerede i Heros Vindkedel sammenpressedes jo Luft, men rigtignok kun en afspærret Luftmasse. Heros Lærer Ktesibios havde imidlertid konstrueret et Apparat, der udslyngede Kugler ved fortættet Luft, altsaa en Slags Vindbøsse, og det er muligt, at han dertil har anvendt en virkelig — om end meget simpel — Fortætningspumpe, der kunde tage Luft udefra og pumpe den ind i Vindbøssen. I Blæsebælgen, som fra gammel Tid har været brugt i Smedjer, har vi desuden en Antydning af Fortætningspumpen, om end Luften i Praksis blot blev drevet ind i Ilden, ikke i en Beholder.

I vore Dage er Forlætningspumpen i dens forskellige Former et meget vigtigt og siden Indførelsen af Luftringe i Cykler tillige et overordentligt udbredt Apparat.

Vi har tidligere omtalt, at sammenpresset Luft benyttes som Drivkraft for Maskiner (S. 34 og 60). I nogle Byer sendes Breve o. l. fra en Poststation til en anden gennem underjordiske Rørledninger, idet de anbringes inden i en cylindrisk Æske, som er tildannet som et Stempel, der slutter tæt i Røret og drives frem ved Lufttryk. Ilt og Brint, Kulsyre og andre Luftarter forsendes ofte sammenpres-

sede i stærke Jærn- eller Staalflasker (S. 63). Stor Betydning har endvidere Fortætningspumpens Anvendelse ved Dykkerklokken. De tidligste Dykkerklokker, som allerede omtales af græske Forfattere, og som blev anvendte i Praksis fra det 16. Aarh., var rigtignok kun omvendte Kedler, der nedsænkedes i Vandet; da Luften ikke kunde slippe ud, kunde et Menneske, der havde hele Legemet eller blot Hovedet inde i Kedlen, aande under Vand, indtil Luften blev fordærvet. Det var først meget senere, at man fandt paa at forny Luften i Kedlen ved at pumpe Luft ned i den fra en Fortætningspumpe gennem et Rør eller en Slange. Ved Undersøgelser og mindre Arbejder under Vand kunde man i Stedet for en Dykkerklokke anvende en »Dykkerhjælm«, det vil sige en lille stærk Beholder med Glasruder, inden i hvilken Dykkerens Hoved netop kan faa Plads. Luften, som tilføres gennem en Slange fra oven, bobler ud gennem en Aabning forneden.

Fortætningspumpens Anvendelse som Cyklepumpe har givet Anledning til nye Konstruktioner, der afviger en Del fra den tidligere beskrevne Trykpumpe. Fig. 74 viser en saadan Konstruktion. Luften drives ind i Luftringen gennem den hule Stempelstang, der fæstes til Ringen, medens selve Pumpecylinderen bevæges frem og tilbage. Stemplet er dannet af en gennemfedtet Læderskive l, som ved Midten støttes af en Messingskive s, medens dens ombøj«de Rande hviler mod Pumperørets Vægge; den tjener paa en Gang som Stempel og som Ventil. Naar Pumperøret drives indad mod Luftringen, vil Luften i Røret presse Læderskivens Rande ud mod Rørets Vægge, og da Luften saaledes spærrer sig selv Udgangen her, maa den gaa gennem Stempelstangen ind i Luftringen. Trækkes Pumperøret derimod udad, saa at Luften i dets Indre fortyndes, kan den ydre Luft bane sig Vej ind i Røret mellem Rørvæggen og Læderskiven, hvis Rande nu let kan bøjes lidt indad. Inde i Stempelstangen findes en Ventil *v,* som hindrer den Luft, der en Gang er presset ind i Stangens Hulhed, i at vende tilbage.

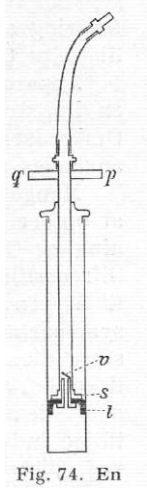


Fig. 74. En Cyklepumpe.

Fortyndingspumpen har haft sværere end Fortætningspumpen ved at finde Anvendelse i det praktiske Livs Tjeneste. Guericke selv brugte den kun til en Række mærkelige og opsigtsvækkende Forsøg over Lufttrykkets Virkninger, og længe efter havde den alene videnskabelig Betydning. Men nu anvendes den en Del i den kemiske Industri, endvidere til Udpumpning af elektriske Glødelamper og ved flere andre praktiske vigtige Virksomheder; Kondensatorpumpen ved Dampmaskinen kan forøvrigt ogsaa godt betegnes som en Fortyndingspumpe. I den allernyeste Tid har man begyndt at anvende den til Rensning af Tæpper, polstrede Møbler o. s. v.; Mundstykket af en Slange, der staar i Forbindelse med Pumpen, sættes paa Tæppet, og idet Pumpen suger en Luftstrøm gennem

Tæppet, føres alt Støvet med Luftstrømmen ind i Pumpens Indre, hvor det opsamles af filtrerende Lag, saa at det slet ikke kommer ud i Luften i det Rum, hvor Rensningen foregaar.

Foruden de tidligere omtalte Vandpumper, hvor Pumpningen frembringes ved, at et Stempel bevæges frem og tilbage i et Rør, er der ogsaa konstrueret flere Slags roterende Pumper, deriblandt Centrifugalpumpen, der bestaar af en hul Cylinder, i hvis Indre en Aksel med Skovle drejer sig hurtigt rundt. Tilførselsrøret for Vandet er forbundet med Midten af Cylinderens ene Endeflade, medens det Rør, gennem hvilket Vandet føres bort, udgaar fra et Sted ved Cylinderens Omkreds. Under Skovlenes Omdrejning vil Centrifugalkraften drive Vandet i Cylinderen ud mod Omkredsen, hvor det gaar ud gennem det sidstnævnte Rør, medens nyt Vand suges ind gennem Røret ved Midten. Disse Pumper egner sig særlig til Befordring af store Vandmasser, naar de ikke skal løftes meget højt til Vejrs (altsaa f. Eks. til Tørlægning af Enge).

Apparater af ganske lignende Konstruktion kan ogsaa frembringe en Luftstrøm, idet Luften suges ind ved Midten og blæses ud ved Omkredsen af Cylinderen. Disse Centrifugalblæsere eller -sugere anvendes meget til Ventilation, Kornrensning m. m.

Mange af Oldtidens Folk har haft en mærkelig Tilbøjelighed for at opføre Bygninger eller Mindesmærker af mægtige Sten, hvis Flytning og Opsætning voldte overordentligt Besvær, uden at Resultatet tilfredsstillede noget materielt Behov; de synes at have følt en Trang til at prøve deres Kræfter og vise deres Evne til at overvinde tilsyneladende uovervindelige Hindringer. Jættestuerne i Norden, de store Stensætninger i Frankrig og England og fremfor alt de ægyptiske Storværker er vel egnede til at vække vor Beundring for, hvad der i denne Retning kunde naaes for Aartusinder siden, og det er tillige indlysende, at der har været benyttet mekaniske Hjælpemidler ved disse Arbejder. Datidens Redskaber til Hævning og Flytning af tunge Byrder indskrænkede sig dog vistnok til Løftestænger, Tove og Ruller. I Ægypten er Løftestænger rimeligvis blevet anvendt systematisk efter en stor Maalestok. Det er ikke lidt, der kan udrettes med dette simple Redskab; naar Stangen anbringes paa et fast Tømmerstillads saaledes, at den kan vippe derom og tillige svinges noget til Siden, bliver den til en Slags Kran; idet mange Mennesker trækker nedad i Stangens lange Ende, kan de løfte en meget stor Byrde, som ved Tove eller Kæder er fastgjort til den korte Ende.

Efterhaanden indførtes imidlertid en Række andre Apparater til Løftning af Byrder, som Vinder med Haandsving, Trisseværker, Skruer, Tandhjulsforbindelser m. m.

Til denne Udvikling har ingen Enkeltmand ydet et større Bidrag end Arkimedes, som vi tidligere har nævnt som Vandsneglens Opfinder. Han var paa en Gang et matematisk og et mekanisk Geni, og skønt det for ham som for Oldtidens andre store Matema-

tikere var Hovedsagen at vinde den fuldstændige Forstaaelse af det, han havde at gøre med, holdt han sig ikke som de øvrige græske Lærde for god til at stille sin Viden i det praktiske Livs Tjeneste. Han fik i vidt Omfang Lejlighed til at gøre dette, da Romerne angreb Syrakus. Romerske Historieskrivere er enige om at tillægge ham Æren for den langvarige og haardnakkede Modstand, Byen ydede, inden den faldt, Naar Soldaterne fra Landsiden stormede frem mod Murene, blev de drevet tilbage ved en Regn af Sten, som udslyngedes af Arkimedes's Kastemaskiner. Skibene, der nærmede sig fra Søsiden blev modtaget paa lignende Maade, og da et Skib en Gang vovede sig helt ind til Muren, viste der sig pludselig, — fortælles der —, over Muren den ene Ende af en lang Vægtstang, og fra denne faldt en Jærnhaand befæstet i en Kæde ned paa Skibet og greb fat i dets Tovværk og Dæk; derpaa strammedes Kæden, idet Vægtstangen bag Muren blev trukket ned; Skibet løftedes i Vejret, holdtes et Øjeblik svævende i Luften og styrtede saa med Voldsomhed ned i Havet, hvor det enten fyldtes med Vand eller knustes mod Klipperne.

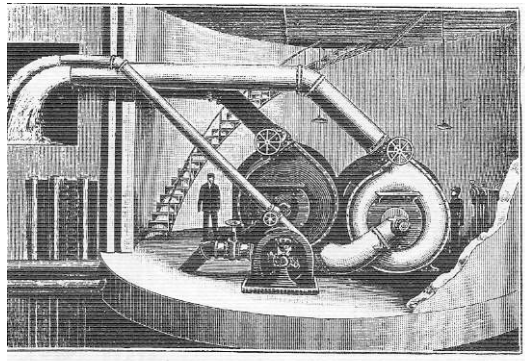


Fig. 75. Centrifugalpumper, der anvendes til Udpumpning af Dokker i Brooklyn.

Det var dog ikke blot Krigsredskaber, Arkimedes konstruerede. Han har Ord for at have opfundet ialt 40 Maskiner, deriblandt foruden Vandsneglen, Taljen og >N Skruen uden Ende: , der er fremstillede i Fig. 78 og Fig. 77, rigtignok i moderne Skikkelse. I en Talje, der som Fig. 78 har to »Blokke« med tre Trisser i hver, bliver Vægten af den ophængte Byrde fordelt paa seks Tovstykker, og ved at trække i den frie Tovende med en Kraft, der er lidt større end Sjettedelen af Byrdens Vægt, kan man løfte denne til Vejrs; til Gengæld bliver Byrdens Bevægelse seks Gange saa langsom som Haandens. I Fig. 77 vil det Tov, hvori Byrden *Q* hænger, blive opviklet meget langsomt paa Vinden *r,* idet man drejer Haandsvinget K; for hver Omdrejning af *K* vil Tandhjulet *R* nemlig kun skydes en Tand frem af Skruen *S,* der betegnes som en »Skrue uden Ende«, fordi den kan blive ved i det uendelige at føre Tænderne paa Hjulet frem uden selv at komme af Stedet; men er Byrdens Bevægelse her end langsom, vil den til Gengæld kunne frembringes ved en ganske ringe Kraft, der virker ved *K.* At der for Tanken ikke er nogen Grænse

for, hvor stor en Hyrde et Menneske kan løfte ved sin Muskelkraft, naar han bruger saadanne Mekanismer, har Arkimedes givet Udtryk i de stærke Ord : »Giv mig et Sted at staa, saa skal jeg bevæge .lorden.«

Man føler gennem denne Ytring Arkimedes's store Glæde over de Sejre, hansTankevandt, og om denne Glæde saa vel som om hans store Fordybelse i Tankearbejdet er der overleveret flere Vidnesbyrd, f. Eks. den bekendte Fortælling om, at han en Gang sprang op af Bad og løb nøgen gennem Gaderne, raabende »Hevreka! Hevreka!« (Jeg har fundet det), fordi han pludselig havde fundet Løsningen paa en vigtig og vanskelig Opgave.

Fig. 76. Archimedes.

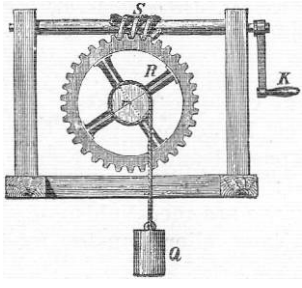


Fig. 77. Skruen uden Ende.

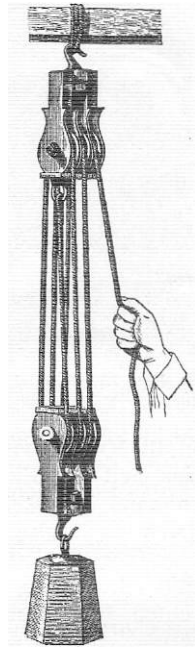


Fig. 78. Taljen.

Da Romerne ved List og Forræderi var kommet indenfor Syrakuses Mure, sad Arkimedes uden at vide, hvad der var foregaaet og tegnede i Sandet, fordybet i matematiske Beregninger, og da en romersk Soldat kom farende, udbrød han afværgende: »Træd ikke paa mine Cirkler.« Soldaten dræbte imidlertid Arkimedes og gjorde det saaledes umuligt for den romerske Feltherre at faa opfyldt sit Ønske om at se og hædre den Mand. som ved sin Tankes Kraft saa længe havde trodset Romernes mægtige Stridskræfter.

Vi sagde ovenfor, at en ringe Kraft, der virkede paa Haandsvinget ved Skruen uden Ende, kunde løfte en stor Byrde. Ordet Kraft er her brugt ensbetydende med Træk eller Tryk, og det er i Reglen alene i denne Betydning, Fysikere anvender det. Vi har imidlertid undertiden tidligere, hvor det ikke kunde misforstaas, ogsaa brugt Ordet Kraft i Betydning af Arbejdskraft eller Energi, hvad der er noget helt andet. Naar en Bog er trykket stærkt sammen i en Skruepresse, trykker Skruen paa den med en stor Kraft, d. v. s. et stort Tryk, men Skruen har ingen Arbejdskraft. Ved en Skrue uden F.nde eller en anden saadan Mekanisme spares der da heller ikke

Arbejdskraft (Smlgn. S. 26). men Arbejdet fordeles over længere Tid. Det Arbejde at løfte en Jærnklods af 1000 Kilograms Vægt 1 Meter til Vejrs kunde f. Eks. udføres ved et enkelt Stempelslag og i mindre end et Sekund af en 20-Hestekrafts Dampmaskine med en meterlang, lodret Cylinder, idet Jærnklodsen blev fastgjort til Stempelstangen; del samme Arbejde kunde ogsaa udføres af en Mand ved en Skrue uden Ende, men han maatte da slide i det i 2—3 Minutter og maatte alt i alt anvende mere Arbejdskraft end Dampmaskinen, fordi han ikke blot skal løfte Byrden, men tillige overvinde en Del Gnidningsmodstand i Maskineriet.

Nutidens Hejseværker er ikke saa meget forskellige fra ældre Tiders; de er ligesom disse sammensatte af Tove, Trisser, Vinder, Skruer, Tandhjul og Løftestænger. Men Fremskridtet viser sig deri, at Hejseværker til tunge Byrder nu drives ved mekanisk Drivkraft, og at de anbringes paa høje stærke Jærnstilladser, Kraner, der ofte kan svinges rundt eller flyttes frem paa Skinner eller ogsaa bærer bevægelige Dele, der kan køre med Byrder fra et Sted af Kranen til et andet. Ved mægtige Svingkraner kan Genstande, der vejer 100 Tons eller mere som Kanoner, Lokomotiver, store Dampskibskedler eller -Maskiner, løftes højt i Vejret og svinges om Bord i et Skib.

Ved mange Genstande, som skal løftes, volder det Vanskelighed at faa dem fastgjort til Hejseværket. Navnlig gælder dette om store Jærn- og Staalplader, men her kan Elektromagneten gøre udmærket Tjeneste. I Hejseapparatets Kæde hænger en Elektromagnet, som føres ned og sættes paa Pladen; saa sluttes den elektriske Strøm, og Elektromagnet og Plade er nu som støbt sammen; naar Pladen er ført hen, hvor den skal anbringes, afbrydes Strømmen, og Elektromagneten slipper Pladen. Saadanne Elektromagneter, der kan fastholde Jærnplader af et Par tusind Kilograms Vægt, anvendes nu i adskillige Orlogsværfter.

Korn og Mel løftes ofte til Vejrs ved Elevatorer, der er indrettede paa lignende Maade som de S. 73 omtalte Kædepumper. Man kan imidlertid ogsaa ligefrem paa en Kæde uden Ende anbringe en Række Beholdere, der kan optage Kornet eller Melet, og indrette det saaledes, at Kæden fører de fulde Beholdere den ene Vej, de tomme den anden Vej mellem Skib og Pakhus eller fra en Del af et Lager til et andet. Paa samme Maade kan man naturligvis befordre Kul og andre Varer, der maa anbringes i Beholdere, naar de skal flyttes.

Naar Bevægelsen hovedsagelig gaar i vandret Retning og kun i ringe Grad skraat opad eller nedad, kan man i Stedet for en Række Beholdere benytte et sammenhængende Transportbaand, der f. Eks kan være indrettet som vist i Fig. 79. Baandet, som her benyttes til Befordring af sønderslaaet Malm, er dannet af flere Lag Lærred og Kautsjuk, og det faar under Bevægelsen Form af en Rende, idet de Ruller, paa hvilke det løber, bestaar af et vandret Midterstykke og to skraa Sidestykker. Til Befordring af Stykgods (Kasser, Pakker o. s. v.) kan man benytte plane Transportbaand, med andre Ord bevægelige

Ramper (Skraaplaner), der fører de Varer frem, som man sætter paa dem.

Den Gruppe af Redskaber, som har den mest almindelige og direkte Betydning for Haandværk og Industri er den, der omfatter Værktøj og Værktøjsmaskiner; men vi maa ikke desmindre her falte os meget kort.

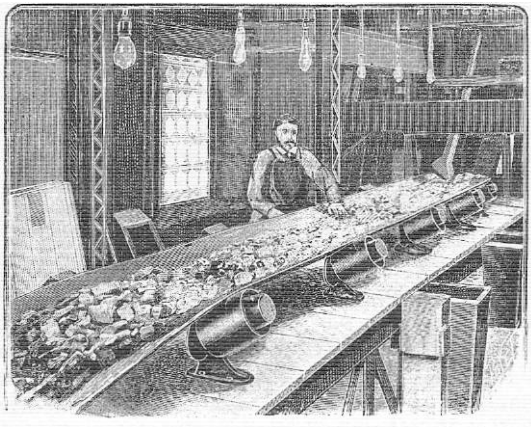


Fig. 79. Et Transportbaand.

Det almindelige Haandværktøj som Hammer, Kile, Økse. Kniv, Sav, Fil, Høvl, Mejsel, Bor, Saks, Tang m. m. er i Hovedsagen kendt af alle, og om den første Opfindelse af disse Ting har vi ingen bestemte Oplysninger, hvad der ligger i Sagens Natur, da de til Dels nedstammer fra Stenalderens Vaaben. Hvad Værktøjsmaskinerne angaar, er de saa talrige og for en stor Del saa indviklede, at det vilde føre os altfor vidt at komme ind paa en nærmere Omtale af dem. Nogle faa Træk skal dog fremdrages.

En af de ældste Værktøjsmaskiner er Drejebænken. Drejekunsten skal være opfundet af Grækerne; men i Drejeskiven, der allerede i det gamle Ægypten brugtes i Pottemagerhaandværket, kan vi vel se en Forløber for Drejebænken.

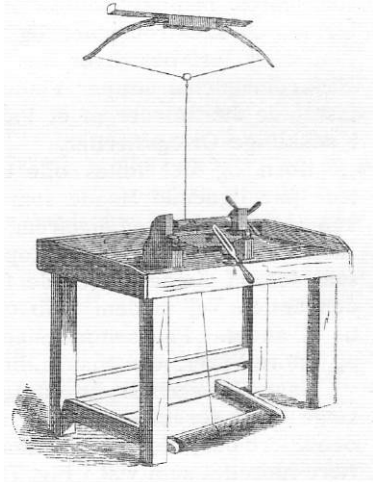


Fig. 80. Et gammeldags Drejelad.

Fig. 80 viser en gammeldags Drejebænk, detsaakaldte »Vippelad«. Det Træstykke (Arbejdsstykket), som skal drejes, fastspændes her mellem Tappe i to Opstandere, Dokkerne, af hvilke den ene er fast, medens den anden, Løbedokken, kan forskydes i en Rende og gøres fast i forskellige Afstande fra den faste Dokke, saa at man kan indskyde Arbejdsstykker af forskellig Længde. Omkring Arbejdsstykket slynges en Snor, som foroven fastgøres til Sti-sengen i en Bue, for-

neden til et Trædebræt; man kan da dreje Arbejdsstykket rundt ved at træde paa Brættet, og naar Foden slipper, drejer Buens Træk Arbejdsstykket rundt til modsat Side. Under den ene af disse Bevægelser (den første) kan Drejeren ved at holde Drejestaaiet (se Figuren) ind mod det drejende Træstykke borttage en lille Spaan langs dets Omkreds. Paa denne Maade kan han efterhaanden give Arbejdsstykket den ønskede Form. I dette Vippelad gaar imidlertid megen Tid tabt, fordi Arbejdet stadig afbrydes under Træstykkets Tilbagegang.

Skal Drejningen kunne foregaa uden Afbrydelse, maa Arbejdsstykket stadig drejes i samme Retning. Dette opnaas, idet man i den faste Dokke anbringer en Spindel, d. v. s. en drejelig Jærnaksel med en Snorskive; herfra føres en Snor ned om et større Hjul under Drejebordet; Hjulets Omdrejning kan — ligesom ved Trædesymaskinen — frembringes med Foden, men naturligvis ogsaa udføres ved mekanisk Drivkraft. Arbejdsstykket fastgøres til Spindelen og drejes rundt med denne.

I det 18. Aarh. havde Drejehaandværket naaet en ikke ringe Udvikling; man forstod ikke- blot at dreje i Træ, Ben o. l., men ogsaa i Metal, og man anvendte Spindeldrejebænke, der blev drevet ved Vandkraft. Saaiænge man førte Drejestaaiet med Haanden og blot støttede det imod en eller anden Opstander, kunde Drejningen imidlertid ikke faa nogen videre Betydning for Maskinbygningens Udvikling. Dette blev derimod i en meget høj Grad Tilfældet, efter at Henry Mundslay, Englands største Maskinfabrikant efter Watt og Boulton, i Aaret 1798 havde konstrueret den første Supportdrejebænk. I denne anbringes Drejestaaiet fast i et Bærestykke, Supporten, som under Drejningen kan forskydes langs med Arbejdsstykket. Det bliver herved for det første muligt at afdreje en nøjagtig Cylinder, idet Drejestaaiet forskydes nøjagtigt parallelt med Drejningsaksen, saa at Drejestaalet overalt har samme Afstand fra den. Men naar Drejebænken indrettes saaledes, at Supporten kan bevæges vinkelret paa Drejningsaksen, kan man ogsaa afdreje plane Flader. Arbejdsstykket fastgøres da alene i Spindelen med den Flade, der skal afdrejes, vinkelret paa Spindelaksen; Drejestaaiet vendes mod Fladen, og Supporten føres efterhaanden ind mod Aksen. Ved at give Supporten en mere sammensat Bevægelse kan man dreje Flader af saa at sige enhver Form, der ønskes. Ved Supportdrejebænken kan man endvidere bore Huller og udbore hule Cylindere nøjagtigt.

Til de sidstnævnte Arbejder bruges dog mest Boremaskiner, hvis Arbejdsmaade i Hovedsagen adskiller sig fra Drejebænkens derved, at i dem drejes Borestaalet og holdes Arbejdsstykket fast, medens det i Drejebænken er Arbejdsstykket, der drejes, og det skærende Staal, der holdes fast.

Dreje- og Boremaskiner regnes i vore Dage for aldeles uundværlige ved den nøjagtige Tilpasning af Maskindele. Naar man skal værdsætte James Watts Storværk efter Fortjeneste, maa man tage

med i Betragtning, at han ved Bygningen af sin Dampmaskine ikke havde disse Hjælpemidler; det var navnlig meget vanskelig, for ham at faa Stempelcylinderen støbt tilstrækkelig nøjagtig.

Et Værktøj som Hammeren har navnlig udviklet sig i Retning af det kolossale. Allerede tidligt begyndte man at anvende Vandkraft til Løftning af Hammeren, hvad der fremgaar af det gamle Billede S. 6; og snart efter at Watt havde konstrueret sin Dampmaskine, blev Dampkraften anvendt til dette Brug. En Damphammer kan bygges meget simpelt, idet Dampcylinderen anbringes højt til Vejrs i lodret Stilling, og Hammerklodsen der styres af to Sidestøtter, fastgøres til den nedad vendte Stempelstang; ledes Damp ind under Stemplet, løftes Hammeren; slipper Dampen ud, falder den, men den kan, hvis det ønskes, standses under Faldet. Den øvede Arbejder kan faa et saadant Herredømme over Damphammeren, at han f. Eks. kan lade den mægtige Jærnklods styrte ned mod et Lommeur, men standse den saaledes, at den kommer til at røre Glasset uden at knuse Uret. Ved Nutidens største Damphammere vejer Jærnklodsen c. 100 Tons og falder fra en Højde af 5—6 Meter.

Smaa Hammere, som drives ved sammenpresset Luft og gør el stort Antal Slag i Minuttet, anvendes ofte til Nitning og andre Arbejder.

I Stedet for de store Damphammere anvender man nu i voksende Grad mægtige Presser, der virker ved jævnt Tryk i Stedet for ved Slag. I Tj'skland byggedes for et Par Aar siden en Smedepresse, der kan udøve et Tryk af 10 Millioner Kilogram, d. v. s. saa meget som Vægten af over 100 meget svære Lokomotiver. Disse stærke Presser er aldrig Skruepresser, men hydravliske Presser (Vandtrykspresser), bygget efter et Princip, som allerede i 1594 var angivet af den italienske Fysiker Galilei, men som først blev indført i Praksis 200 Aar efter af den engelske Mekaniker Bramah.

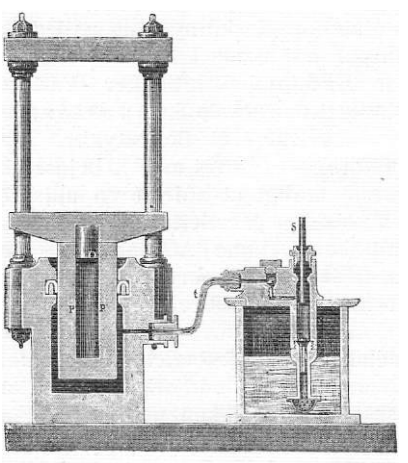


Fig. 81. Gennemsnit af en Vandtrykspresse.

Fig. 81 viser et Gennemsnit af en Vandtrykspresse; til højre ses en Trykpumpe, der gennem et Rør *t* kan presse Vand over i en Beholder til venstre paa Figuren. Herved presses Stemplet *pp* til Vejrs, og kan bringes til at udøve et meget stort Tryk paa Genstande, der anbringes mellem de to vandrette Flader foroven; det Tryk, der driver Pressestemplet *pp* op, vil nemlig være ligesaa mange Gange større end det, der driver

Pumpestemplet s ned, som Pressestemplets Tværsnitsareal er større end Pumpestemplets.

Inden vi afslutter dette Afsnit, maa vi endnu omtale de Redskaber, som benyttes til Spinding, Vævning og Syning, eller med andre Ord til Forfærdigelse af Klæder, fordi Udviklingen paa dette Omraade i ganske særlig Grad har haft Indflydelse paa Livet i Hjemmet indenfor Husets Vægge.

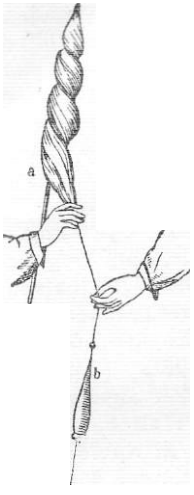


Fig. 82. Spinding ved Haandten.

I Oldliden anvendtes til Spindingen ikke andre Redskaber end Haandtenen. I Fig. 82 ses foroven en Pind med en Tot Hør, som skal spindes, forneden Tenen eller Spindelen, der ikke er andet end en Træpind, som affager i Tykkelse mod begge Ender og i Nærheden af den ene af dem har en Metalskive *c.* Til den anden Ende fastgøres de Traade, som trækkes ud af Hørtotten, der ofte fæstedes i Bæltet. Naar Traaden var fæstet til Tenen, blev denne drejet hurtigt rundt mellem højre Haands Tommel og Langfinger og efterhaanden tjærnet fra Hørtotten, saa langt Armen kunde naa, idet venstre Haand samtidig var beskæftiget med vedblivende at udtrække Traade af Hørren; derefter standsedes Spindingen, medens Garnet opvikledes paa Spindelen, og man begyndte saa atter at udtrække Traade og at sno dem.

I det 16. Aarh. opfandt en tysk Billedskærer Johann Jurgens Vingespindelen, der er den vigtigste Bestanddel af den almindelige gamle Spinderok. Fig. 83 viser Vingespindelens Indretning. Paa Spindelen *ab.* der kan anbringes med Enderne i Tappelejer og løbe rundt i disse, er fastgjort Vingerne c *d.* Traaden føres gennem en Gennemboring i Spindelens ene Ende a, et lille Stykke i Aksens Retning, derefter ud af Hullet *e* og hen til en af de smaa Hager, der findes paa Vingen C, og endelig ned til Spolen /, en hul Rulle, der ikke er fast forbundet med Spindelen, men frit kan glide udenom Spindelakslen. Paa Spolen sidder en Trisse *g,* der ved en Snor er forbundet med Hjulet h; ved Træderokken frembringes Omdrejningen af dette Hjul og altsaa ogsaa af Spolen med Foden. Hvis nu Spindelen holdtes stille, medens Spolens drejedes, vilde der aabenbart paa denne opvikles Traad, som blev trukket ind gennem Hullet i Spindelakslen uden at blive snoet; dersom Spindelen med Vingerne derimod fulgte fuldstændig

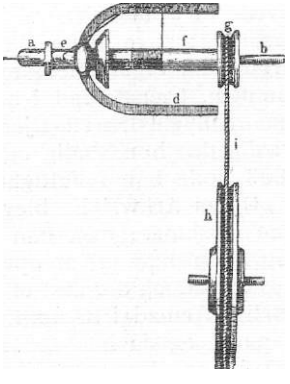


Fig. 83. Vingespindelen i Spinderokken.

med i Spolens Bevægelse, vilde der ikke blive opviklet nogen Traad paa Spolen, men Spindelen vilde sno de Traade, der fra Hørtotten førte hen til Spindelen. Paa denne sidste Maade vil det gaa, hvis man holder Traaden fra Hørtotten til Spindelen stramt spændt; men gøres Spændingen ganske svag, kan man opnaa, at Spindelen med Vingerne gaar noget langsommere rundt end Spolen, saa at Traaden baade snos og opvikles paa en Gang. For at Traaden kan blive jævnt opviklet paa Spolen, maa den af og til flyttes fra en Hage paa Vingen til en anden. Paa nogle Spinderokke findes der en Trisse ikke blot paa Spolen, men ogsaa paa Spindelakslen; der gaar da to Snore ned til Hjulet *h,* og naar det drejes, vil det tvinge baade Spole og Spindel rundt, men den sidste langsomst, idet dennes Trisse er lidt større end Spolens.

Ved den sidstnævnte Rok var Traadens Snoning og Opvikling i Virkeligheden gjor til et fuldstændig mekanisk Arbejde, som i og for sig godt kunde udføres ved mekanisk Drivkraft. Vanskeligheden ved Maskinspinding laa langt snarere i Udtrækningen af Traadene. I Aarene 1767 og 1768 lykkedes det imidlertid to Englændere, en Væver Hargraves og en Barber Arkwright uafhængigt af hinanden og paa meget forskellig Maade at konstruere praktisk anvendelige Bomuldsspindemaskiner; begge Slags Maskiner eller i alt Fald Forbedringer og Kombinationer af dem anvendes endnu til Spinding af forskellige Slags Garn; men vi skal imidlertid ikke komme ind paa deres Indretning.

De to Opfinderes Skæbne blev meget ulige. Da Hargraves begyndte at sætte sine Maskiner i Virksomhed, blev de Arbejdere, der levede af Spinderiet, opskræmmede. En saadan Maskine, der kunde besørge mange Menneskers Arbejde, maatte nødvendigvis tage dem Brødet ud af Munden, mente de. En Del af dem rottede sig derfor sammen, trængte ind i hans Hus og ødelagde Maskinerne. Han selv maatte flygte fra sit Hjem til Byen Nottingham. Men ogsaa her fortrædigedes han stadig og kunde ikke trænge økonomisk igennem. I 1803 døde han i Fattighuset i Nottingham.

Ogsaa Arkwrighl blev til at begynde med forfulgt paa Grund af sine Maskiner; men han kom snart i Forbindelse med Pengemænd, der hjalp ham til at oprette et lille Spinderi, der blev drevet med Hestekraft, og dernæst et større, som dreves med Vandkraft. Han gik hurtigt fiemad i Rigdom og Anseelse; 1786 blev han ophøjet i Adelsstanden, og da han fire Aar efter døde, efterlod han en Formue paa 9 Millioner Kroner.

Den mekaniske Bomuldspinding frembragte et stærkt Opsving i Englands Bomuldsindustri, og denne Erhvervsgren udviklede sig hurtigt til en Storindustri i moderne Forstand med dens gode og daarlige Sider Paa Fastlandet, hvor det navnlig var Uld og Hør, der skulde spindes, vandt Maskinspindingen Indgang adskilligt senere end i England, og Hjemmets Spinderok har indtil de sidste Aartier hævdet sin Stilling ved Siden af Fabrikernes Spindemaskiner. Nu

er den næsten helt fortrængt til afsides liggende Egne, og mange Mennesker har aldrig set en Spinderok.

Vævning har ligesom Spinding i ældre Tid været et meget almindeligt Hjemmearbejde, om end Væven ikke i samme Grad som Rokken hørte til i ethvert Hjem. Fig. 84 viser en simpel Trædevæv, hvor Vævningen foregaar i det væsentlige paa samme Maade som paa Haandvævenei Oldtidens Rom, og som den fandt Sted i endnu ældre Tider. De Traade, der skal gaa i Tøjets Længderetning, Trenden eller Kædetraadene, er udspændt mellem to Ruller, — Kædebommen, paa hvilken Traadene er opviklet, og Brystbommen, paa hvilken det færdige Tøj opvikles. Omtrent midt imellem de to Bomme findes to Rammer, Skafterne, som foroven er forbundne indbyrdes ved en Snor over en Trisse og forneden hver med sit af de to Trædebrætter, saa at de vekselvis kan bevæges op og ned. I Skafterne er der udspændt lodrette Traade Lidserne, og i hver af disse findes der et lille Øje, gennem hvilket der er ført en Kædetraad; hveranden af Kædetraadene er paa denne Maade forbundet med det ene af Skafterne, hveranden med det andet. Islættraaden, der skal gaa paa tværs af Tøjet, er oprullet paa en Spole inden iden saakaldte Skytte, som Væveren kaster med Haanden. Naar den ene Halvdel af Kædetraadene er hævet, den anden Halvdel sænket, kastes Skytten fra den ene Side til den anden mellem de to Sæt Kædetraade, saa at der lægges en Traad mellem dem. Denne Traad trykkes af Væveren fast til det tidligere Væv ved Slagbommen, der paa Figuren ses mellem Skafterne og Væveren; den har forneden en Slags Rist, der kaldes »Røret«, og som dannes af en Række lodrette Metaliraade, som adskiller Kædetraadene fra hverandre. Derefter kaster Væveren Slagbommen tilbage, træder paa Trædebrætterne, saa at de Kædetraade, der før var øverst, nu kommer nederst, og kaster saa paany Skytten imellem dem, denne Gang fra den modsatte Side; og maledes bliver han ved, idet han af og til opruller det færdige Væv paa Brystbommen.

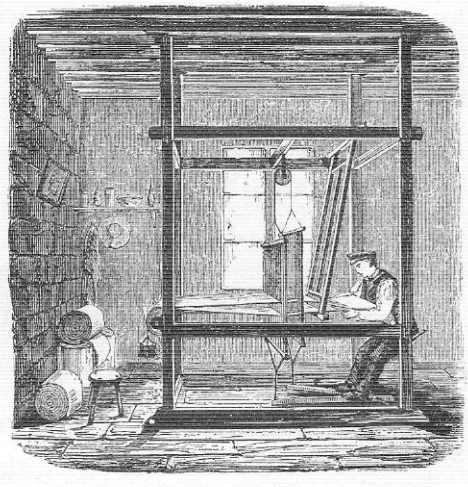


Fig. 84. En Væv.

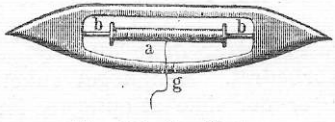


Fig. 85. En Skytte.

Det var aabenbart ikke nogen let Opgave at faa en Kraftmaskine,

der umiddelbart kun kan dreje en Aksel rundt, til at besørge Udførelsen af alle disse Bevægelser; den blev imidlertid løst af den engelske Præst Carlwright, der i Aaret 1784 konstruerede en meget sindrig Maskinvæv, saa at det nu blev muligt at anvende mekanisk Drivkraft ogsaa til Vævning.

Naar der skal væves Mønster i Tøjet, bliver Vævningen naturligvis mere indviklet end ovenfor beskrevet. Kædetraadene maa da deles i flere end to Sæt med flere Skamler, der kan hæve og sænke hvert Sæt for sig. Ved Vævning af mere sammensatte Mønstre udelades ofte Skafter og Skamler, og Lidserne holdes blot udspændte ved Vægte forneden; de Lidser, som skal hæves samtidig, er saa forbundne saaledes foroven, at dette kan ske ved Træk i et Haandtag.

For hundrede Aar siden opfandt Franskmanden Jacquard den mekaniske Mønstervæv, ved hvilken ethvert Mønster kan fremstilles uden nogen særlig Indgriben fra den vævendes Side. Til et bestemt Mønster forfærdiges en Række Papkort, som gennemhulles paa bestemte Maader; naar disse Mønsterkort i den rette Rækkefølge føres gennem Jacquardvævens indviklede Mekanisme, vil denne selv sørge for at løfte de forskellige Sæt Kædetraade i den rette Orden.

Efter at Garnet er spundet og Tøjet vævet, staar der endnu tilbage at sy Klædningsstykker af Tøjet. Oprindelig spillede Syningen en forholdsvis ringe Rolle, da Klædedragten hovedsagelig bestod af store Stykker Tøj, som slyngedes rundt om Legemet og holdtes sammen paa forskellig Maade, ofte ved snildt udtænkte Midler; baade i Sydevropa og i Norden har man blandt Levningerne fra forhistorisk Tid fundet Bøjlenaale, der i høj Grad minder om vore Sikkerhedsnaale. Sammensyning af Tøj- eller Skindstykker udførtes fra førstaf paa den Maade, at man borede Huller i Tøjet og stak Traaden gennem dem; men en virkelig Syning ved Naale, som baade stak Hullerne og førte Traaden igennem dem, kendtes dog meget tidligt. I Norden anvendtes saadanne Synaale af Bronce eller Ben og med Hul i Midten allerede i Broncealderen.

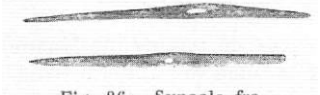


Fig. 86. Synaale fra Broncealderen.

Siden Synaalens Opfindelse i en fjærn Fortid er dette lille vigtige Instrument efterhaanden blevet meget forbedret. Men noget enkelt stort Fremskridt paa Syningens Omraade er der ikke at optegne, før vi kommer til Symaskinens Opfindelse. Forsøgene paa at konstruere en saadan Maskine begyndte allerede i det 18 Aarh., men de tog først riglig Fart henimod Midten af forrige Aarh. Fra 1830 til 1850 skal der være udtaget over 30 Patenter paa Symaskiner.

Kun meget faa af disse Maskiner blev nogensinde anvendt i Praksis, blandt dem en, der var opfundet af Franskmanden Thimonnier, en fattig Skrædder, som ikke passede sit Arbejde og almindelig blev anset for halvtosset. Det lykkedes ham at faa kyndige Folk til at interessere sig for hans Maskine og sørge for Opfindelsens Udnyttelse,

I 1831 var der i Paris 80 Symaskiner af Træ i Gang i et Værksted, som var oprettet af Thimonnier og hans Kompagnoner., Men det gik her som ved Spindemaskinen; en Skare Arbejdere brød ind i Værkstedet og ødelagde Maskinerne. Thimonniers senere ihærdige Forsøg paa at bringe Sagen i Gænge igen endte alle med Skuffelser.

Som Opfinderen af den nu almindeligt udbredte Symaskine — Skyttemaskinen —, maa nævnes den mekaniske Arbejder Elias Howe i Boston ; selv om andre før ham havde været inde paa samme Idé, var det ham, der virkelig løste Opgaven og førte den frem til Sejr, og det er tvivlsomt, om han har kendt noget til de tidligere Forsøg. Efter at han havde fattet den Beslutning at lave en Symaskine, førte han altid Naale og andre Hjælpemidler med sig I Lommen, for at han kunde benytte hver ledig Stund til at anstille Forsøg. Efter flere Aars ihærdigt Arbejde lykkedes det ham i 1845 at faa fuldført det første Eksemplar af en brugelig Maskine. Han havde dermed overvundet de vigtigste tekniske Vanskeligheder, men maatte endnu i mange Aar kæmpe en haard Kamp, inden han ogsaa kunde føre sin Sag frem til økonomisk Sejr.

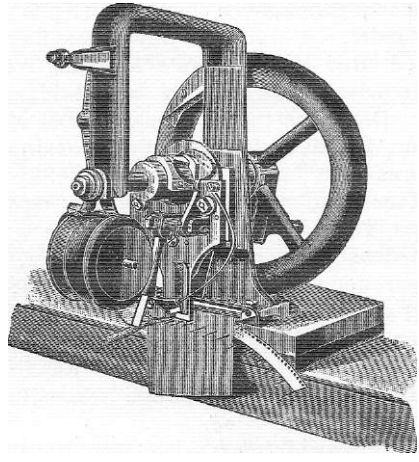


Fig. 87. Howes første Symaskine.

Ved de tidligste Forsøg paa Konstruktionen af en Symaskine havde de fleste Opfindere søgt at efterligne Haandsyningen f. Eks. ved at lade en Slags Tænger føre en Naal med Spids i begge Ender og Øje paa Midten frem og tilbage gennem Tøjet; men Howes Skyttemaskine hviler paa et helt andet Princip, som anskueliggøres i Fig. 88, og som forøvrigt let vil forstaas ved Undersøgelse af en almindelig Symaskine. Til Syningen benyttes to Traade, af hvilke den øverste føres af en Naal med Øje i Spidsen, medens den nederste er oprullet paa en Spole indeni en »Skytte«, der bevæger sig frem og tilbage nedenunder Tøjet. Under Syningen gaar Naalens nederste Del først ned gennem Tøjet med Traaden strammet paa begge Sider. Dernæst gaar Naalen lidt til Vejrs, og den ene Side af Traaden, i hvilken der slet ikke virker noget Træk opad, vil derved danne en Bugt. Skytten farer nu igennem denne Bugt, og den Traad, den fører efter sig, er altsaa fanget i Traadløkken.

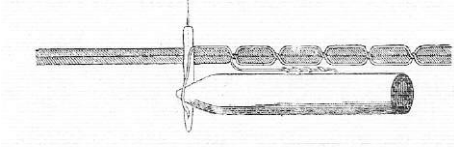


Fig 88. Syning med Skyttemaskinen.

Inden Skytten naar at komme tilbage, er Naalen gaaet lielt til Vejrs og har derved trukket Løkken til, saa at den fangne 1 raad er ført op til Tøjet og lidt op i det; dersom Traadenes Spænding er afpasset rigtigt, skal Over- og Undertraaden mødes midt i Tøjet i det Hul, Naalen har stukket, som vist i Fig. 88. Naar Skytten derefter er gaaet tilbage, og Tøjet er rykket lidt frem, kan Naalen atter gaa ned, og Spillet begynder forfra.

De Mekanismer, ved hvilke Naalens, Skyttens og Tøjets Bevægelser fremkaldes, kan naturligvis indrettes paa mange forskellige Maader, og Nutidens Skyttemaskiner har da heller ikke megen Lighed med Howes første Maskine i de ydre grove Træk, skønt de i Hovedsagen virker paa samme Maade.

Der konstrueres ogsaa en Del Maskiner efter helt andre Principper, blandt andet Kædestingsmaskiner, der syr med én Traad. Denne føres ligesom Overtraaden ved Skyttemaskinerne ned gennem Tøjet af en Naal med Øje i Spidsen, og der dannes ogsaa her en Løkke paa Traaden; men denne Løkke gribes af en Hage og fastholdes, medens Tøjet rykker et Sting frem, saa at Naalen, naar den nu atter gaar ned, passerer gennem Løkken; Hagen slipper saa denne Løkke og griber den ny, som Naalen danner. Denne Syning har imidlerid den store Fejl, at den løber helt op, hvis Traaden brister et enkelt Sted. Ikke desmindre var Kædestingsmaskinerne tidligere meget udbredte, fordi de kunde fremstilles meget billigere end Skyttemaskinerne.

I Begyndelsen gik det kun langsomt med Symaskinernes Udbredelse. Men da det først begyndte at gaa ind i den almindelige Bevidsthed, at Symaskinen ikke blot var af Betydning for visse Industrigrene, men tillige egnede sig til særlig at blive Hjemmets Maskine, voksede Efterspørgslen til Gengæld saa stærkt, at ingen anden Maskine, undtagen maaske Cyklen, kan opvise noget lignende. Medens de amerikanske Symaskinefabrikkers aarlige Produktion endnu 10 Aar efter, at Howe havde konstrueret sin første Maskine, ikke var naaet op til 1000 Maskiner i alt, producerede de i 1872 c. 700,000 Symaskiner.

IV. JÆRN OG KUL.

Jordens Skatte og Midler til at opsøge dem. Bjærgværksdrift. — Jcernets Udvinding af Malmen. — Raajærnets Omdannelse til Smedejærn og Staal. — Jærn- og Knlproduktionens Vækst. — Petroleum.

Dersom Værdien af de Skatte, vi drager frem af Jordens Skød, skal bedømmes efter deres Betydning for Menneskeslægtens fremskridende Herredømme over Naturen, bliver det hverken Diamanter

eller Rubiner, ja end ikke Guldet, der kommer i første Række, men derimod Jærn og Kul. Det eneste Stof, som kan gøre Fordring paa at nævnes foran disse to, er Vandet, som jo ogsaa for en stor Del maa hentes op af Jorden.

Medens Kunsten at hente Vand fra de underjordiske Vandforraad og Kunsten at udvinde og behandle Jærn betegner vigtige Kulturfremskridt, som allerede var gjort i tjærne Tider, var det i en forholdsvis sen Tid, man begyndte at fremdrage Stenkul for at benytte det til Brændsel; og først ved den Samvirken mellem Kullet og Jærnet, som for Alvor begyndte i det 18. Aarhundrede, skabtes Grundlaget forNutidens Storindustri. Denne Samvirken indlededes navnlig ved Opfindelsen af Dampmaskinen, der laves af Jærn og næres af Kul, men Alliancen mellem Kullet og Jærnet har ogsaa, som vi skal se, andre Sider.

I det følgende skal omtales enkelte af de vigtigste Fremskridt, som knytter sig til Udvinding af Jærn og Stenkul samt Petroleum, der i mange Henseender spiller en lignende Rolle som Stenkul og ligesom dette for Størstedelen bestaar af Kulstof. Hvad der her siges om Arbejdet med at fremdrage disse Stoffer af Jorden, gælder imidlertid for en stor Del ligesaa godt om mange andre Stoffer.

Medens Stenkullet uden videre kan benyttes saaledes, som det findes i Jorden, er Jærnet ligesom de fleste andre Metaller næsten altid til Stede som Malm, det vil sige i kemisk Forbindelse med andre Stoffer, navnlig Ilt. Raade Kullet og Jærnmalnien findes i Reglen i udstrakte sammenhængende Masser, der for Kullets Vedkommende har Form af flade Lag hvis Tykkelse kan variere fra faa Centimeter til mange Meter; i Reglen indeholder et Kulleje flere — undertiden langt over hundrede — saadanne Lag ovenover hinanden, indbyrdes adskilte ved Lag af Lerskifer, Sandsten o. a. Enkelte Steder ligger Malmlagene helt fremme i Lyset, andre Steder naar Enden af en »Malmgang« op til Overfladen, saa at man let kan opdage den og derefter følge den ned i Dybden eller ind i Bjærgets Indre; men ofte er Malmen oprindelig helt skjult i Jorden, og for at kunne drage Nytte af den maa man altsaa først og fremmest linde den.

Naar nu de almindelige Erfaringer, man havde gjort om Jordlagenes Beskaffenhed og Bjærgenes Bygning ikke vilde slaa til, benyttede man i ældre Tid ofie den saakaldte »Ønskekvist« til Opsøgning af Malmgange. Ønskekvisten er en tvegrenet Kvist, skaaret af Hassel, Pil eller forskellige andre Træsorter; naar man med de to Grene i hver sin Haand gennemvandrer en Egn, skal den fremadrettede Spids bøje sig nedad, idet man passerer over en Malmgang; men ogsaa underjordiske »Vandaarer«, nedgravede Skatte og meget andet antoges at virke paa Ønskekvisten; det gjaldt dog om, at den var skaaret af den rette Slags Træ, paa det rette Tidspunkt osv. I Fig. 89, der er et Billede fra det 16. Aarhundrede af Bjærgværksdrift i Tyskland, ser man øverst en Malmsøger i Virksomhed med Ønskekvisten.

I vore Dage benyttes Ønskekvisten vel næppe meget til Opsøgning af Malmlejer, fordi Bjærgværksdriften som oftest ledes af videnskabeligt uddannede Mænd, der ikke tror paa Kvistens Virkning. Derimod findes der i mange Egne Vandsøgere, der ved Kvistens Hjælp opsøger de Steder, hvor man skal grave Brønde, og der er Folk nok, som henvender sig til disse Vandsøgere, ligesom der ogsaa er Folk nok, som hellere gaar tii Kvaksalvere og Mirakeldoktorer end til uddannede Læger. Men Ønskekvisten har aldrig peget i Betning af de virkelige Fremskridt.

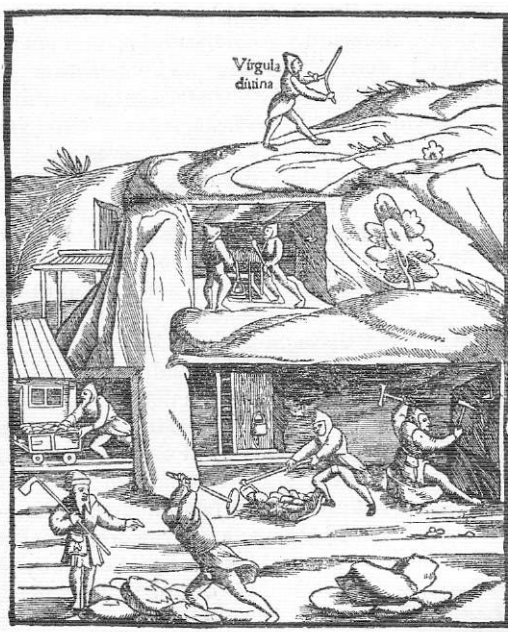


Fig. 89. Bjærgsværksdrift i gamle Dage.

En »Ønskekvist«, som virkelig i enkelte Tilfælde formaar at aabenbare os Tilstedeværelsen af skjulte Malmlejer, har vi imidlertid i Magnetnaalen. Mange Jærnmalmeer nemlig temmelig stærkt magnetiske, og en Magnetnaal, som kommer i Nærheden af dem, bliver derfor ført ud af den Stilling, som Jordmagnetismen vilde give den. Paa denne Maade har man f. Eks. opdaget Tilstedeværelsen af udstrakte Jærnmalmslejer under Havbunden ved Finlands Kyst.

De bedste Oplysninger om, hvad der findes gemt i Jorden, faar man imidlertid ved at bane sig Vej ind i den med Spade eller Hakke, og dersom dette bliver for besværligt, ved at bore et Hul ned i Jorden og hente Prøver op af Borehullet.

Et saadant Hul kan frembringes ved Hjælp af en lang af flere Stykker sammensat Stang (/ Fig. 90), der forneden ender med et Bor at en eller anden Slags; i Figuren er Stangen forneden mejselformet. Borestangen er ophængt i et Tov *d,* der kan strammes mere eller mindre, hvorved Stangens Tryk mod Borehullets Bund kan afpasses saaledes, at Boremesteren med det paaskruede Tværstykke *gg* kan vride Stangen fra den ene Side til den anden. Naar Grunden er haard, udfører man Boringen ved at løfte Stangen noget til Vejrs og derefter lade den falde; mellem hvert saadant Stød drejes den lidt, og Mejselkanten *b* sønderslaar paa denne Maade Stenen indenfor en

Vejrs i en høj Straale; i andre Tilfælde maa man pumpe det op. I de Egne, hvor der nede i Jorden findes Beholdninger af Petroleum, bringes denne frem paa ganske samme Maade.

De faste Stoffer som Kul og Malmene faar man ikke saa let draget frem i Lyset. Med Hammer og Hakke maatte Bjærgmanden i ældre Tider bane sig Vej ind i Fjældet og ned i Jorden. Hernede maatte han i snævre Gange ofte i bøjet eller liggende Stilling bryde Malmen løs. De Skakter, gennem hvilke han skulde gaa op og ned, kunde være saa snævre, at han maatte arbejde sig frem med Knæer og Albuer som i en Skorsten. Ad stejle og farlige Stiger skulde han bære den løsbrudte Malm op fra Dybet. Vandet, der samlede sig nede i Gruberne, maatte mange Steder bortskaffes ved Menneskeskraft, undertiden ved Hjælp af et Trædehjul. Naar nu alle disse Arbejder tilmed skulde udføres i en Luft, som fornyedes saa langsomt, at den let blev fordærvet af Grubelamperne og Menneskenes Aandedrag, kan man forstaa, al Grubearbejdernes Lod var lidet misundelsesværdig. Romerne benyttede for en stor Del Krigsfanger og Forbrydere som

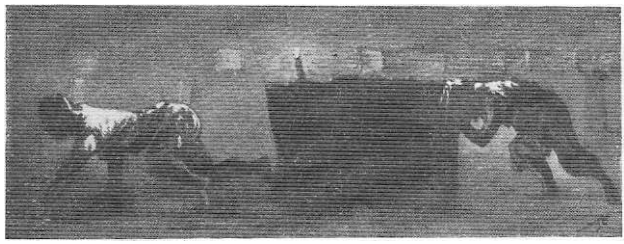


Fig. 91. Malmene føres frem i en lav Grubegang.

Bjærgværksarbejdere, og ofte ansaas Forsendelse til Bjærgværkerne for ensbetydende med en Dødsdom.

Ogsaa i vore Dage er Grubearbejdet ganske vist anstrængende og farligt, men i stedse voksende Omfang udføres det haarde Arbejde ved Maskinkraft, og samtidig formindskes Farerne for Arbejdernes Sundhed og Liv ved kunstig Ventilation og Sikkerhedsforanstaltninger af forskellig Art.

Et af de allervigtigste Fremskridt i Bjærgværksdriften var Indførelsen af Sprængning med Krudt (vistnok i det 18. Aarhundrede). I Stedet for at hugge Stykke for Stykke løs af Klippen kunde Bjærgmanden nu nøjes med at bore nogle Huller, anbringe Krudtladningen i dem, tænde Lunten og skynde sig bort. Straks efter vil Krudtet da paa et Øjeblik udføre det Arbejde, som han selv vilde have været Timer eller Dage om. Boringen af Hullet udføres ved Hjælp af en Mejsel, som drives ind mod Stenen ved Hammerslag, idet den drejes lidt mellem hvert Slag. Af senere Fremskridt med Hensyn til Stenbrydningen kan nævnes Indførelsen af det kraftigere virkende Dynamit samt af Tænding ved den elektriske Gnist i Stedet for ved Lunte.

Gnisten frembringes i Reglen ved en Induklionsstrøm (se S. 44). Fra en Strømkilde med lav Spænd.ng f. Eks. et galvanisk Batteri, føres Ledningstraade hen til den tykke Traad af en Induktionsrulle. Fra den tynde Traad føres Ledningstraade til den Dynamitpatron, der skal bringes til at eksplodere, og inde i Patronen er Ledningen afbrudt paa en kort Strækning. Naar man nu slutter Batteristrømmen, vil der i Induktionsrullens tynde Traad opstaa en Induktionsstrøm med saa stor Spænding, at der springer en Gnist over paa Afbrydningsstedet inde i Patronen, hvorved denne tændes og eksploderer. I Stedet for at lade Strømmen frembringe en Gnist kan man ogsaa lade den bringe en lille tynd Metaltraad i Glød inde i Patronen. Man kan

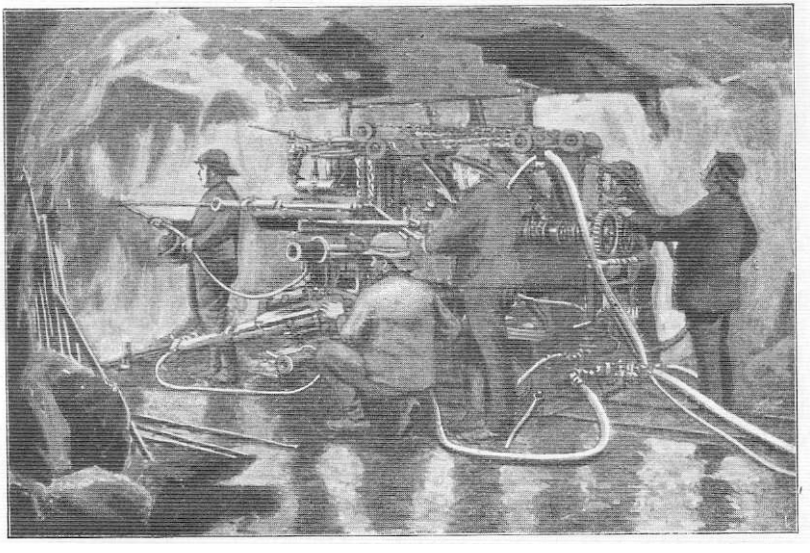


Fig. 92. En Boremaskine i Virksomhed.

altsaa i lang Afstand fra Sprængstedet fremkalde. Sprængningen paa det Tidspunkt, man ønsker det, blot ved at slutte en elektrisk Strøm, f. Eks. idet man trykker paa en Knap; man kan endvidere tænde mange Patroner i samme Øjeblik, saa at store Klippeblokke kan sprænges løs.

I nogle Bjærgværker foretages daglig Sprængninger i tusindvis, og for hurtigere at kunne udføre de mange Boringer anvender man mange Steder Boremaskiner, der kan sættes i Bevægelse enten ved Haandkraft eller ved en eller anden Slags mekanisk Drivkraft. Disse Boremaskiner kan enten efterligne Haandboringen, idet Boret drives ind mod Stenen ved en Række Stød, eller de kan have skærende Bor, der under Omdrejning trykkes stærkt ind mod Stenen; ved Boring i meget haard Sten anbringer man ofte Diamanter i Borets skærende Kanter. Ved den Boremaskine, som an-

vendes i Simplontunnelen udøves der et Tryk af mange tusind Kilogram paa Boret; Maskinen holdes fast paa Stedet ved to Stempler, som ved Vandtryk presses stærkt mod Tunnelens Sidevægge. Det er i det hele taget nok saa meget de store Tunnelanlæg som den egentlige Bjærgværksdrift, der har givet Anledning til Konstruktionen af kraftigt virkende Stenhoremaskiner.

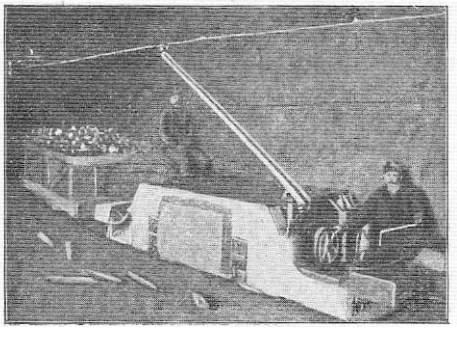


Fig. 93. Et elektrisk Lokomotiv kommer ud fra en lav Grubegang.

De store Vanskeligheder, man maatte kæmpe med ved Grubedriften, har været Drivfjederen for Fremskridt af overordentlig vidtrækkende Betydning. Vi hai tidligere omtalt den Rolle, Vanskelighederne ved at faa Grubevandet op af de engelske Kulgruber har spillet for Dampmaskinens Udvikling. Det kan endvidere anføres, at Nutidens Skinneveje stammer fra de Sporveje, som i Aarhundreder har været anvendt i Gruberne; ved disse Sporveje indførtes allerede i det 18. Aarhundrede i England ophøjede Jærnskinner samt Vogne, hvis Hjul var forsynet med en fremspringende Styrekam. Grubedriften har ogsaa givet megen Anledning til Udviklingen af de ældre Former for Kraftflytning og Kraftspredning.

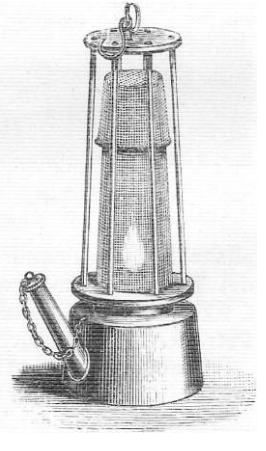


Fig 94.
Davys Sikkerhedslampe.

Den elektriske Kraftflytning er først i de allersidste Aar ret begyndt at vinde Indgang i Grubedriften, men den har aabenbart en stor Fremtid paa dette Omraade. I adskillige Bjærgværker drives mægtige Pumper og Ventilatorer nu af Elektromotorer med flere hundrede Hestes Kraft. Den elektriske Strøm driver endvidere nogle Steder Boremaskiner, Hejseapparater og Grubelokomotiver, der gøres meget lave, saa at de kan benyttes i lave Grubegange. (Sammenlign Fig. 93 med Fig. 91). Endelig anvendes elektrisk Belysning i en Del Gruber, navnlig i de større Rum og Skakter, hvorhen man da fører elektriske Ledninger, men undertiden ogsaa som Belysningsmiddel for den enkelte Bjærgmand, der saa maa medføre et lille Akkumulatorbatteri foruden den elektriske Glødelampe.

En Lampe er aabenbart en af de vigtigste Fornødenheder for

Bjærgmanden, der skal færdes og arbejde nede i de mørke, underjordiske Gange. En almindelig Grubelampe medfører imidlertid i Kulgruberne en frygtelig Fare; Kullet udvikler nemlig mange Steder en Slags Gas, som blander sig med Luften, og naar denne Blanding tændes ved en Flamme, indtræder der en Eksplosion, som ofte kan ødelægge mange Menneskeliv. Davy (se S. 38) har derfor ved Konstruktionen af en Sikkerhedslampe, som ikke kunde antænde Gassen, indlagt sig stor Fortjeneste hos Kulgrubearbejderne. Davys Opfindelse bestaar deri, at Lampeflammen indesluttes i et Metalnet; naar der nu trænger Gas ind i Metalnettet, kan den vel tændes og brænde inde i Nettet, men Flammen forplanter sig ikke til Luften udenfor. Aarsagen hertil er Metallets store Evne til at lede Varmen; Flammen vil ikke naa helt ud til Berøring med Nettet, fordi dette holdes afkølet af den omgivende Luft, saa at det selv og de allernærmeste Luftdele holdes afkølede under Antændelsestemperaturen. Fuldstændig sikker er Davys Lampe dog ikke, og til Trods for forskellige senere indførte Forbedringer knytter der sig liere Ulemper til dens Brug. Den bedste Grubelampe er den elektriske Glødelampe, i hvilken den glødende Traad er indesluttet i en lufttæt Glasbeholder, og saaledes slet ikke kan komme i Berøring med Grubeluften.

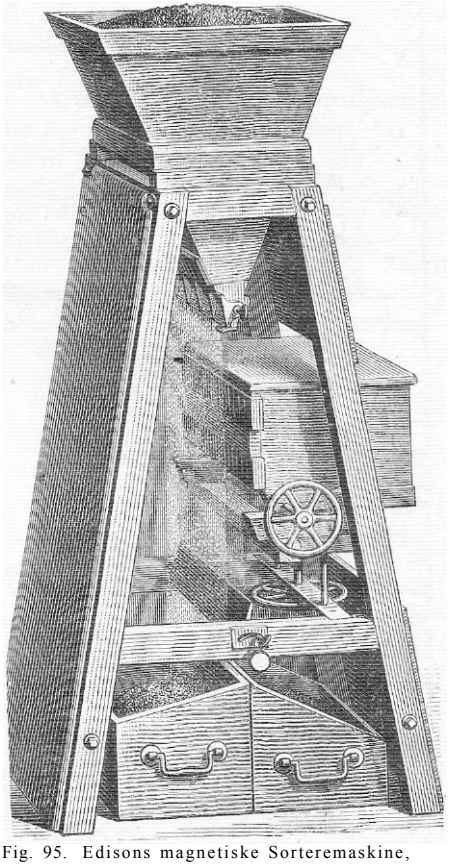


Fig. 95. Edisons magnetiske Sorteremaskine,

I Reglen maa Malmene og til Dels ogsaa Stenkullet efter at være bragt frem af Jorden underkastes en Rensning eller Sortering, ved hvilken de værdifulde Dele skilles fra fremmede Bestanddele. I denne Hensigt bliver Malmen blandt andet sønderdelt, sigtet, udvadsket med en Vandstrøm, der skyller de lettere Dele med sig og lader de tungere blive tilbage, samt behandlet paa forskellige andre Maader. Ved mange Jærnmalme kan man anvende magnetisk Sortering, som grun-

der sig paa, at de jærnholdige Dele tiltrækkes af Magneter, medens de fremmede Bestanddele ikke paavirkes af dem. Allerede for mange Aar siden har Edison konstrueret en magnetisk Sorteremaskine (Fig. 95), hvor den fintdelle Malm gennem en Spalte i en Tragt falder i en tynd bred Stribe ned forbi Polerne af Elektromagneter; de jærnholdige Dele af Malmen drages herved saa meget ud af den lodrette Faldlinje, at de kan opsamles i en anden Kasse end den, der modtager de umagnetiske Dele. I de senere Aar har magnetisk Sortering — med mere eller mindre indviklede Maskiner — vundet megen Indgang i Praksis, og benyttes ogsaa her i Norden.

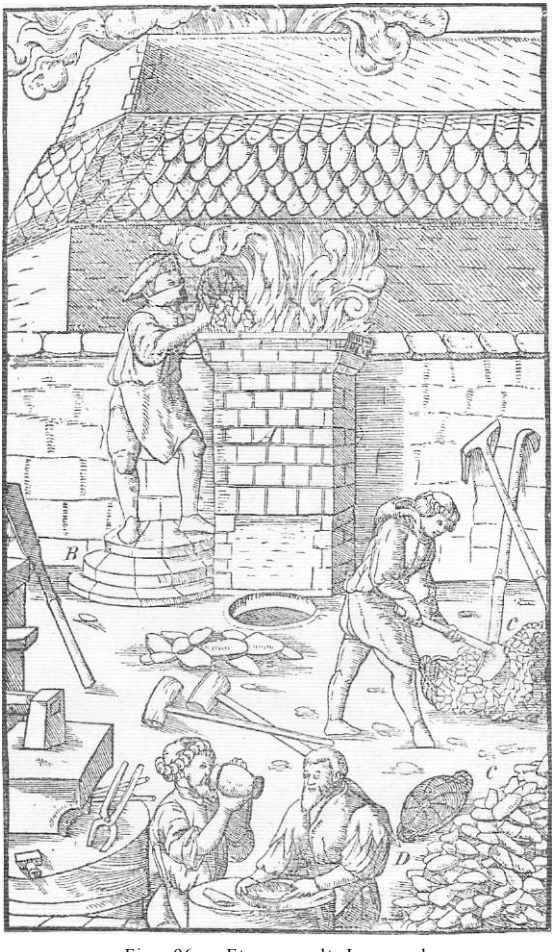


Fig. 96. Et gammelt Jærnværk.

Endnu staar der imidlertid tilbage at fri selve Jærnet ud af Malmen. Dette kan ske ved, at man blander den sønderslagne Malm med Kul og sætter disse i Brand; en Del af Kullet forener sig da med Malmens Ilt, hvorved Jærnet bliver frit. I ældre Tid var det aldrig Stenkul, men derimod Trækul, som benyttedes til »Udsmeltning« af Jærn. Denne Udsmeltning kunde foretages ved ret simple Midler. I Indien og Afrika findes der endnu i vore Dage omvandrende Jærnudsmeltere, som bygger sig en Ovn af Ler, naar de kommer til et Sted, der er rigt paa Malm; denne findes i Afrika ofte liggende paa Jordens Overflade. Naar Ovnen er fyldt med Malm og Trækul, antændes

Blandingen, og ved Blæsebælge af Dyrehuder vedligeholdes en god Træk gennem Ovnen, indtil Udsmeltningen er færdig. Det frigjorte Jærn findes da paa Bunden af Ovnen som en sejg Klump, som umiddelbart kan smedes, d. v. s. i varm Tilstand udhamres i forskellige Former.

I Evropa blev alt Jærn indtil de sidste tre—fire Aarhundreder udvundet af Ovnene som en saadan sejg smedelig Masse, og Jærnudsmellningen maatte nærmest regnes for et Smaahaandva rk, der ofte var nøje forbundet med Smedehaandværket. Men efterhaanden som man gjorde Ovnene større og navnlig højere, forandredes det udsmeltede Jærns Karakter, og da Ovnene havde naaet en Højde af benved en Snes Fod, gav i alt Fald de mere letsmeltelige Malme Jærn, som kom frem I helt smeltet Tilstand ved Ovnens Fod; ved de egentlige »Højovne«, der er 10 til 20 Meler høje eller mere, gaar det saaledes med alle Malmene. At Jærnet var smeltet, havde nu den slore Fordel, at man kunde tappe det ud forneden uden at afbryde Ovnens Virksomhed, og idet man, efterhaanden som Kullet brændte bort, og Jærnet tappedes ud, styrtede ny Masser af Kul og Jærnmalm ned i Ovnen gennem dens øversle Aabning, (Gikten), kunde Udsmeltningen holdes i Gang i ubegrænset Tid. Fra den nyere Tid har man endog Eksempler paa Højovne, der i 15—20 Aar ikke har været ude af Virksomhed.

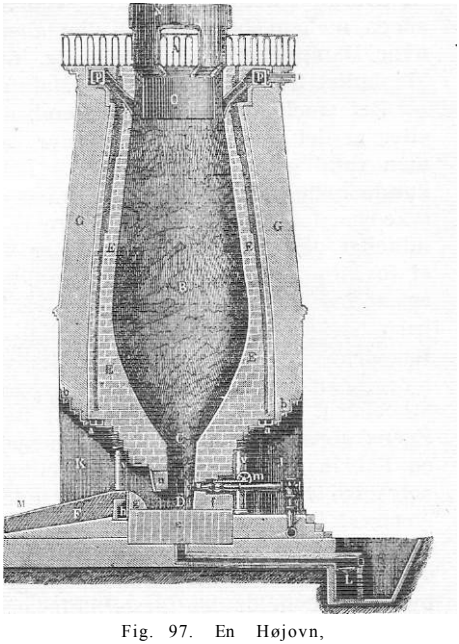


Fig. 97. En Højovn,

Fig. 97 viser en Højovn i Gennemsnit. Luften, som skal holde Forbrændingen i Gang, blæses ind gennem Huller i det cylindriske Rum forneden i Ovnen ; allernederst samler Jærnet sig og ovenpaa dette den smeltede »Slagge', d. v. s. Forbindelser af en Del Sloffer, som dels fandtes i Malmen eller Kullet, dels er tilsatte af forskellige Grunde; Slaggen flyder ud over Stenen *g* til venstre i Figuren, medens Jærnet, naar det tappes ud, ledes ned i Fordybningen *L* til højre.

Indførelsen af Højovne aabnede Mulighed for at producere store Jærnmasser paa en bekvem Maade; men der var endnu den Hindring for en saadan Masseproduktion, at Jærnet maatte udsmeltes ved Hjælp af Trækul, som i alt Fald i et lidet skovrigt Land som

England vanskeligt kunde tilvejebringes i store Mængder. Den Tanke at anvende Stenkul laa naturligvis nær' nok, men kunde ikke uden videre udføres; Stenkul er nemlig langt fra rent Kulstof, men indeholder foruden betydelige Mængder af Ilt og Brint ogsaa Svovl og andre Stoffer, som har en skadelig Indvirkning paa Jærnet. Herpaa kan man dog til Dels raade Bod ved at ophede Stenkullet uden Luftens Adgang; herved gaar en stor Del af de fremmede Bestanddele bort i Luftform, og det, der bliver tilbage, er meget renere Kulstof; det saaledes omdannede Stenkul, der kaldes Kokes, kan nu anvendes i Højovne og give et meget godt Jærn. Trækul er dog at foretrække, og Sveriges udstrakte Skove, der muliggjorde Anvendelsen af Trækul, har en væsentlig Andel i det svenske Jærns Berømmelse; men selv i dette Land hindres Udviklingen af en Jærnproduktion i stor Stil efter Nutidens Forhold netop derved, at man er henvist til til at benytte Trækul.

I Løbet af det 18. Aarhundrede udviklede der sig en betydelig Ivokesfabrikation i England, og Jærnproduktionen, der nu helt kunde grundes paa de Rigdomme, Jorden indeholdt, steg fra 1740 til 1790 til henimod det 10-dobbelte. Ved Aarhundredets Slutning var Alliancen mellem Jærnet og Kullet altsaa i fuld Virksomhed, ikke blot, hvor Dampmaskinerne arbejdede, men ogsaa ved Højovnene, hvor Stenkullet frigjorde Jærnet af Malmen.

Det smeltede Jærn, som frembragtes i Højovnene viste sig, ogsaa efter at det var størknet, at have andre Egenskaber end det Jærn, man vandt ved de ældre Ovne. Højovnsjærnet var meget skørt og kunde heller ikke ved Opvarmning gøres smidigt; det kunde altsaa ikke smedes; det var med andre Ord efter Datidens Forestillinger et udueligt og ubrugeligt Jærn. Der var ikke andet for end at prøve at forædle det ved en ny Behandling i Ilden; men da dette virkelig ogsaa lod sig gøre, kunde Højovnsjærnet gøre Tjeneste som »Raajærn til Fremstilling af smedeligt Jærn. En god Egenskab havde Raajærnet dog, nemlig den, at det var let smelteligt og kunde støbes i de Former, man ønskede; det kaldes af denne Grund i Reglen Støbejærn. Man skønnede dog i Begyndelsen ikke stort paa denne Egenskab, og Støbejærnet var meget lidt efterspurgt. I 1767 fandt en Fabrikant Reynolds i Colebrookedale i England paa at støbe Jærnet ud i lange Skinner og anvende dem paa sine Grubesporveje, nærmest i den Tanke kun foreløbig at drage Nytte af Jærnet paa denne Maade, indtil der indtraadte en Stigning i Jærnpriserne; men denne Anvendelse blev hurtig optaget andre Steder. 12 Aar senere byggede Reynolds den første Støbejærnsbro, og eft.rhaanden fik Støbejærn en overordentlig stor Betydning.

I kemisk Henseende adskiller Støbejærnet sig hovedsagelig fra Smedejærnet derved, at det indeholder 2—6 pC. Kulstof, medens Smedejærn i Beglen indeholder mindre end $^{x}/_{g}$ pC. af dette Stof. jærn, der er helt frit for Kulstof, kan ikke fremstilles ved Udsmeltning, og saadant Jærn er desuden saa blødt, at det ikke kunde er-

statte nogen anden Jærnsort. Mellem Støbejærnet og Smedejærnet staar med Hensyn til Kulholdigheden Staalet, som kan smedes ligesom Smedejærnet, om end vanskeligere end dette, og som tillige besidder den værdifulde Egenskab, at det kan hærdes ved Opvarmning og hurtig Afkøling; Staalet var kendt allerede i Oldtiden.

Den Omstændighed, at Kul ved i forskellige Mængder at forenes med Jærn kan give dette vidt forskellige Egenskaber, viser os Alliancen mellem Kul og Jærn fra endnu en Side.

Naar Raajærnet skulde forædles til Smedejærn eller Staal, maalte man altsaa paa en eller anden Maade berøve det en Del af dets Kulstof. Man opnaaede dette ved at nedsmelte det i smaa Partier med Trækul i aabne Esser, idet man tillige ved Blæsebælge tilførte rigelig Luft, som saa bortbrændte en Del af det Kulstof, Jærnet indeholdt. Ved denne »Friskning« gik det imidlertid ikke an at anvende Stenkul end ikke i Form af Kokes. Man fandt saa paa at adskille Jærnet og Brændselet saaledes, at kun Flammen fra Brændselet, der nu godt kunde være Stenkul, strøg hen over Jærnet. Medens Jærnet er smeltet, rører Arbejderne op i det med en Jærnkrog, for at Kullet kan brænde bort allevegne i Jærnets Indre. Eftersom der bortbrændes mere eller mindre af Raajærnets Kulstof faar man Smedejærn eller Staal.

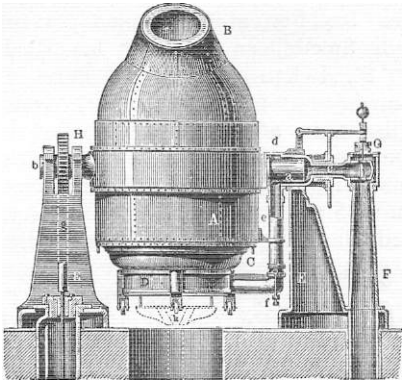


Fig. 98. En Bessemerovn.

Ved denne Fremgangsmaade, der kaldes Pudling, vandtes det allermeste Smedejærn og Staal i Slutningen af det 18. og over Halvdelen af det 19. Aarhundrede. Men man kunde paa denne Maade kun behandle nogle faa hundrede Kilogram Raajærn ad Gangen, og Omrøringen var et meget besværligt Arbejde navnlig, naar Jærnet nærmede sig til at blive til Smedejærn og derfor blev sejgtflydende. Der var saaledes et Misforhold mellem den hurtige og bekvemme Raajærnsproduktion og den langsomme og besværlige Forædling af Jærnet, og dette var saa meget mere uheldigt, som Trangen til Jærn, der kunde taale Stød og Slid, stadig voksede stærkt, navnlig ved Samfærdselens rivende Udvikling; det lod sig f. Eks. slet ikke gøre at nøjes med Støbejærnsskinner til Jærnbaner, hvor Dampkraften anvendtes.

I 1855 tog saa Englænderen Bessemer Patent paa en ny, paa en Gang simpel og storslaaet Fremgangsmaade til Raajærnets Forædling; Princippet i den var, at Luften ligefrem blæses igennem det smeltede Jærn. Dog varede det henved en halv Snes Aar, inden de prak-

tiske Vanskeligheder ved denne Metode var saavidt overvundne, at den kunde gaa sin Sejersgang gennem Jærnlandene.

Fig. 98 viser en Bessemerovn af nyere Konstruktion. Ovnen er en stor pæreformet Beholder af Støbejærn indvendig udforet med ildfast Stof; den hænger i lo Akseltappe, om hvilke den kan drejes, den ene af disse Akseltappe er hul, og ind i denne kan der blæses Luft, som ved et Rør føres ned til Ovnens Bund, hvor den gennem en Del fine Huller kan trænge ind i Ovnens Indre. Naar Ovnen skal bruges, drejer man den hen i en skraa Stilling og lader saa meget smeltet Raajærn flyde ind, at Hullerne i Bunden lade? fri. Gennem disse indblæses nu en kraftig Luftstrøm, og naar Ovnen pludselig rettes op, strømmer Luften op gennem det flydende Jærn og bortbrænder dettes Kulstof. Ved Forbrændingen af Kullet tillige med noget Jærn og fremmede Stoffer, som indeholdtes i Jærnet eller blev tilsat, udvikles der en saadan Varme, at ikke blot Raajærnet, men ogsaa det dannede tungtsmeltelige Smedejærn holdes flydende og kan hældes ud af Ovnen ved dennes Drejning. Paa denne Maade forvandles i Løbet af en Snes Minutter adskillige tusind Kilogram Raajærn til Smedejærn. Ved at standse Processen tidligere, saa at kun en mindre Del af Kulstoffet er borlbrændt, eller bedre ved bagefter at tilsætte en passende Mængde Raajærn til det smeltede Smedejærn kan man faa Staal i Stedet for Smedejærn.

Staal kan paa endnu flere Maader vindes af Støbejærn eller Smedejærn, og det kan forbedres ved mekanisk Bearbejdelse, ved Tilsætning af visse Stoffer eller ved andre Midler. Her skal kun nævnes Fremstillingen af det saakaldte Støbestaal, der er et ved Omsmeltning forbedret Staal. Det Staal, der fremstilles umiddelbart af andet Slags Jærn er aldrig ensartet og bliver det kun tilnærmelsesvis ved Hamring cg lignende Behandling. I skærende Værktøj og endnu mere i Fjedre i Lommeure kunde imidlertid den ringeste Uregelmæssighed i Staalet virke meget skadeligt. En engelsk Urmager Huntsmann i Sheffield fandt da i Aaret 1730 paa at omsmelte Staalet i lukkede ildfaste Lerdigler, hvor det holdtes saa længe flydende, at hvert Spor af Slagge, der kunde findes i Staalet, fik Tid til at stige til Vejrs. Det saaledes frembragte ensartede Støbestaal fabrikeredes længe alene af Familien Huntsmann, der omhyggeligt hemmeligholdt Enkelthederne ved Fremgangsmaaden. Ved Napoleons Fastlandsspærring i Begyndelsen af det 19. Aarhundrede opstod der i Tyskland en stor Mangel paa Støbestaal til Værktøj, og dette førte Friederich Krupp ind paa en Række grundige Forsøg, der fik til Resultat, at han kunde fremstille Støbestaal fuldt saa godt som det engelske. Herved lagde han Grunden til det Kruppske Firmas kommende Storhed; men hvad der har skaftet dette Firma dets Verdensberømmelse og for den almindelige Bevidsthed knyttet dets Navn til Støbestaalet, er den Omstændighed, at Friederich

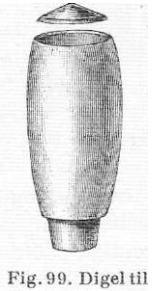


Fig. 99. Digel til Staalstøbning.

Krupp's Søn, Alfred, omkring Aarhundredets Midte naaede frem til at kunne fremstille mægtige ensartede Blokke af Støbestaal, saa at Støbestaalet nu kunde anvendes til Kanoner, Jærnbanehjul, store Maskinaksler o. s. v. Ved Støbningen af en saadan Blok paa 1000 Centner (50 Tons) tømmer en stor Skare af udmærket indøvede Arbejdere i Løbet af en halv Time det hvidglødende, flydende Indhold af over 1000 Digler ud i Støbeformen; og dette betegner langt fra Højdepunktet af, hvad man kan udføre. Det Kruppske Firma har aldrig slaaet sig til Ro med de en Gang vundne Resultater, men stadig stræbt efter at forbedre Staalet. Til Støbestaalsfabrikken er knyttet mekaniske og kemiske Forsøgslaboratorier, hvor der aarlig udføres over 100,000 Fasthedsprøver og over 15,000 kemiske Analyser foruden en stor Mængde andre videnskabelige Undersøgelser og Forsøg.

Idet vi ikke har indskrænket os til at følge Jærnmalmen paa dens Vej fra Jordens Indre til Smelteovnens Munding, men ogsaa set, hvorledes Jærnet udvindes af Malmen og omdannes til forskellige Jærnsorter, er vi kommet et godt Stykke ind i den kemiske Industri, som ellers først skal omtales i næste Afsnit. Jærnmalmens og Jærnets Behandling i Smelteovnene danner dog en saa naturlig Fortsættelse af Malmbrydningen, at det er rimeligt at omtale disse Virksomheder sammen.

De andre Metallers Udvinding af Malmene foregaar i mange Tilfælde paa lignende Maade som Jærnets, idet man udsætter Malmene eller Blandinger af dem med andre Stoffer for Ildens Virkning i Ovne af forskellig Konstruktion; enkelte særlige, elektriske Fremgangsmaader vil blive nævnt i næste Afsnit. Enkelte Metaller (navnlig Guldet) findes i »gediegen« Tilstand, det vil sige, ikke i kemisk Forbindelse med andre Stoffer, og de kan da ofte vindes ad rent mekanisk Vej.

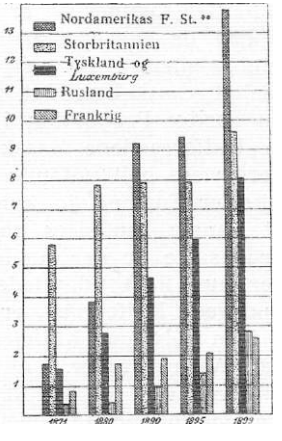


Fig. 100. Jærnproduktionens Vækst.

I hele den første Halvdel af det 19. Aarhundrede var England Kullets og Jærnets Land fremfor alle andre og indtog ubestridt den ledende Stilling paa alle herhen hørende Omraader. Men saaledes er Forholdene slet ikke mere; der er nu tre store Kul- og Jærnlande — De forenede Stater, England og Tyskland —, som rager op over alle andre, men maa dele Førerskabet med hverandre. De forenede Stater er allerede løbet England forbi baade med Hensyn til Jærn- og til Kulproduktionen, og Tysklands Jærnproduktion er naaet meget nær op mod Englands. — Fig. 100 viser for Aarene 1871, 1880, 1890, 1895 og 1899 Størrelsen af den aarlige Jærnproduktion

(angivet i Millioner Tons) i de vigtigste jærnfrembringende Lande. Man ser her tydeligt, hvorledes De l'orenede Stater og Tyskland skyder til Vejrs med stærk Fart, medens England gaar forholdvis langsomt fremad.

Jordens Forraad af Jærnmalme er saa stort, at man ikke behøver at være bange for, at det skal slippe op indenfor en overskuelig Fremtid; tilmed kan man for en stor Del blive ved at benytte det samme Jærn, idet det slidte og kasserede Jærn bruges som Raamateriale ved Jærnproduktionen. Snarere kunde der være Grund til at frygte for, at senere Slægter vilde komme til at undvære Stenkullet paa Grund af vor letsindige Ødslen med denne Kilde til Varme og Arbejdskraft.

Brydning af Stenkul har vistnok tidligst fundet Sted i Kina. I Evropa anvendtes det noget allerede i Middelalderen, navnlig i Belgien og England; men i videre høj Anseelse synes dette sorte Brændsel ikke at have staaet; i en Forordning fra det 14. Aarhundrede forbyder Londons Kommunalraad endog at anvende Stenkul som Brændsel. Et Forbrug, som kunde have nævneværdig Betydning i Forhold til de Forraad, der fandtes i Englands Kulgruber, kunde der i alt Fald føi-st blive Tale om efter Indførelsen af Stenkul ved Jærnudsmeltniugen. Men herved og senere ved Indførelsen af Dampkraft i Fabrikker, i Skibe og paa Jærnbaner er Forbruget stadig vokset i en forbavsende Grad og tilsyneladende uden at nærme sig til nogen Grænse. I de tre sidste Aartier af det 19. Aarhundrede er Verdens Kulproduktion blevet tredoblet; den aarlige Produktion naaede i Løbet af Halvfemserne op over en halv Milliard Tons eller 10 Milliarder Centner og er senere blevet nærmere en Milliard Tons.

Paa de engelske Kullag har Virkningen af den voldsomme Ud bytning allerede gjort sig stærkt gældende saaledes, at det nu er betydeligt vanskeligere at faa fat i Kullene end tidligere, og selv om den aarlige Produktion ikke vokser over sin nuværende Værdi, vil alle Kulforraadene maaske om et Par Aarhundreder eller endnu tidligere være helt udtømte ned til en Dybde af en Kilometer. Imidlertid er England jo kun en forsvindende ringe Del af Jorden, ja, det samme kan siges om hele Evropa; og rundt om i de andre Verdensdele er der fundet mægtige Kullejer, som endnu er urørte eller kun lidet udnyttede. Desuden er det jo muligt, at de endnu uopdagede Kulforraad, er mange Gange større end de kendte.

Men selv om Kullejerne virkelig vil blive udtømte i Løbet af nogle Aarhundreder, kan den nulevende Slægt dog med ret god Samvittighed tage for sig af Jordens Skatte i Betragtning af, at vi kan give de kommende Slægter Anvisning paa at benytte Vandløbenes Kraft. Til den Tid er det forhaabentlig lykkedes at finde saa fuldkomne Midler til Opsparing af Arbejdskraft, at Vandfaldene ikke blot kan drive Fabrikker og Jærnbaner, men ogsaa Skibene ude paa Havet.

I den nærmeste Fremtid er det vel sandsynligt, at Stenkulsproduk-

tionen vil blive ved at stige, skønt man rundt om i Lande uden Stenkul søger bedre at udnytte de hjemlige Kraftkilder — Vandkraft, Vindkraft og Tørv —, og skønt Stenoljen paa flere og flere Omraader begynder at konkurrere med Kullet.

Der er endnu ikke forløbet et halvt Aarhundrede, siden man begyndte at anvende Stenolje eller Petroleum som Belysningsmiddel. I de nordamerikanske Petroleumsegnemellem Alleghanybjærgene og destore Søer, hvor Stenoljen mange Steder siver frem af Jorden, havde Indianerne fra gammel Tid anvendt den som Medicin mod alle Slags Sygdomme, og denne Anvendelse blev optaget af Indvandrerne; disse opsamlede ligesom Indianerne Stenoljen ved at grave Brønde, hvor Oljen flød ovenpaa Vandet. Stenoljen fik ogsaa nogen Anvendelse til Vognsmørelse o. l., men til Belysningsvædske kunde man ikke bruge den i raa Tilstand. Først efter at det var lykkedes Kier i Pittsburg af den raa Petroleum at fremstille en brugelig Lysolje, aabnede der sig en større Fremtid for Stenoljen. Saa længe man holdt sig til de gravede Brønde, kunde der dog ikke drages videre Nytte af Kiers Opfindelse, men da Oberst Drake i 1759 ved Boringer trængte ned til de underjordiske Petrolcumsforraad og pumpede store Mængder op gennem Borehullerne, udbrød der i Amerika en sand »Petroleumsfeber«. Masser af Mennesker strømmede til Petroleumsegnene for at faa Del i den ny Rigdomskilde, og hele Byer voksede frem i utrolig kort Tid; men da man ikke havde sikret Rensningen, Transporten og Afsætningen af Stenoljen, nyttede det ikke, at den i store Masser vældede frem af de mange Borehuller; Følgen var blot, at Stenoljens Pris sank ned til næsten ingen Ting, og nogle Byer stod forladte ganske kort efter, at de var byggede. Længe varede det dog ikke, før Efterspørgslen efter den ny Belysningsvæske voksede saaledes, at den kunde holde Skridt med Produktionen, medens der tillige blev sørget ordentligt for Oljens Rensning og Transport. Navnlig for Transporten er der i den nyere Tid sørget paa en storslaaet Maade ved Rørledninger, gennem hvilke Stenoljen flyder fra Petroleumsegnen om Pittsburg ned til Havnebyerne ved Atlanterhavet, blandt andet til New York, der har omtrent samme Afstand fra Pittsburg som København fra Kristiania.

En lignende Udvikling som i Amerika har noget senere fundet Sted i Egnene vest for det kaspiske Hav omkring Byen Baku, hvor Jorden ogsaa gemmer umaadelige, let tilgængelige Forraad af Petroleum. Dette er dog langt fra Jordens eneste Petroleumsegne; navnlig i det sydøstlige Asien, blandt andet paa Borneo, findes store Skatte af Petroleum, som man nu begynder at udnytte.

Baade i Amerika og ved Baku faar Petroleumsegnene et meget ejendommeligt Præg af de høje Borestilladser eller Boretaarne, som opføres der, hvor der skal bores, og som i Reglen faar Lov at staa, efter at Boringen er færdig. Fig. 101 viser et saadant Boretaarn, af hvis Sider Stenoljen strømmer ud. Naar man ved Boringen træffer paa en Kilde, der sender Stenoljen til Vejrs med stor Kraft, og man

ikke i Forvejen har truffet de fornødne Forholdsregler, kan der let finde en saadan utæmmet Udstrømning Sted, hvorved store Værdier kan gaa til Spilde. Den raa Stenolje bliver i Reglen underkastet en Destillation, det vil sige, den bliver opvarmet og bragt til at fordampe i store Kedler, og Dampene fortættes atter til Vædske i andre Beholdere. Nu bestaar Petroleum hovedsagelig af en stor Mængde forskellige kemiske Forbindelser af Kulstof og Brint, og disse »Kulbrinter« har meget forskellig Evne til at fordampe ved Opvarmning og at fortættes ved Afkøli ng; det er da muligt ved Destillationen at adskille Stenoljen i mange forskellige Vædsker (og Luftarter), der kan anvendes til forskellige Formaal. De Vædsker, som er lettere flygtige (fordamper lettere) end den egentlige Lysolje, sammenfattes ofte under Benævnelsen Raabenzin; en Del af denne finder Anvendelse i Petroleumsmotorer(Benzinmotorer). Efter at Lysoljen er destilleret bort, kan man af det, der er tilbage i Kedlen endnu vinde Maskinolje m. m., eller det kan benyttes til Fyring under Dampkedler; en stor Mængde russiske Lokomotiver anvender dette Brændsel.

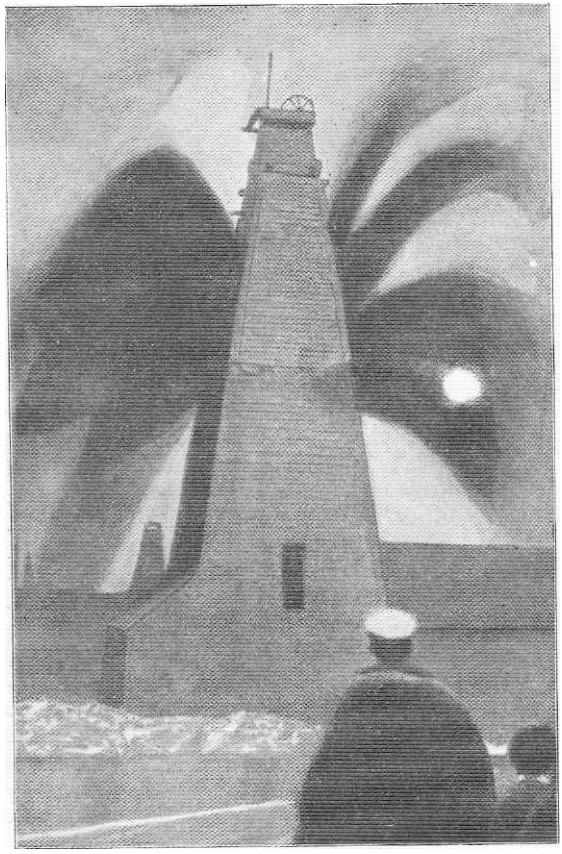


Fig. 101. Springende Petroleumskilde. Stenoljen strømmer ud af Boretaarnets Sider.

I den senere Tid har man endvidere begyndt at bruge Raapetroeum, navnlig fra Ostindien, som Brændsel i store Dampere, der oretager lange Rejser. Da et Kilogram Petroleum ved sin Forbræn-

ding udvikler betydelig mere Varme og altsaa yder et betydelig større Arbejde i Dampmaskinen end samme Vægt Kul, kan Damperen nøjes med en ringere Belastning af Brændsel og altsaa medføre mere Gods; hertil kommer endvidere, at Petroleumsfyring er renligere, giver mindre Hede i Kedelrummet og kræver langt mindre Arbejde end Stenkulsfyring. Paa Grund af disse og andre store Fordele kunde det synes rimeligt, at Petroleum i den kommende Tid vilde blive en haard Konkurrent til Stenkul om Bord paa de store Dampere, hvor Kullet hidtil har været eneherskende. Men det er rigtignok et stort Spørgsmaal, om man kan skaffe saa store Mængder af Stenolje til Veje, at Petroleumsfyringen kan erstatte Kulfyringen i noget stort Omfang, Det vil i det hele taget paa mange Omraader utvivlsomt faa stor Betydning for Udviklingen i den nærmeste Fremtid, om Petroleumsproduktionen kommer til at gaa hurtigt eller langsomt fremad.

V. DEN KEMISKE INDUSTRI.

Den kemiske Industri i Oldtiden. — Guldmagerkunsten. — En ny Tid for Kemien begynder ved Slutningen af det 18. Aarhundrede. — Leblancs Sodafabrikation m. m. — Kunstige Gødningsstoffer. — Sprængstoffer. — Hvad man faar af Tjære. — Føde- og Drikkevarer. — Elektrokemien,

Kemien eller -Forvandlingskunsten« er saa gammel som Kunsten at gøre Ild. Selve Ilden, i hvilken Træet forvandles til Luft, medens der samtidig udvikles Varme, afgiver et udmærket Eksempel paa kemisk Virksomhed, og i mangfoldige forskellige Stoffer formaar Ilden at frembringe dybtgaaende Forandringer, som vi betegner som kemiske Omdannelser. Tidligst udnyttedes Ildens omdannende Evne ved Tilberedning af Fødemidlerne, men ogsaa dens Anvendelse til Hærdning af Lerkar og til Udsmeltning af Metaller gaar tilbage til en Ijærn forhistorisk Tid.

I det gamle Ægypten naaede man imidlertid meget længere frem. Her havde der udviklet sig en mangesidig kemisk Industri. Ægypterne forstod blandt andet at koge Sæber og at fremstille Farvestoffer, Lægemidler og konserverende Midler, der anvendtes ved Ligenes Balsamering; endvidere kunde de fremstille Glas, overtrække Lerkar, Teglsten o. 1. med et glasagtigt Lag og give Glasset eller Glasuren forskellige Farver.

Om de selv har opfundet Glasset, ved vi vel ikke; men det er ikke usandsynligt, at deres Syslen med Metaludsmeltning har ført. dem ind paa det rette Spor. For at udvinde Guld af guldholdigt Sand ophedede de nemlig Sandet sammen med Soda, der fandtes i

rigelig Mængde i de ægyptiske Søer; naar Heden blev tilstrækkelig stærk, smeltede Sandet og Sodaen da sammen til en flydende Masse, i hvilken Guldet sank til Bunds, og ved Afkølingen størknede Forbindelsen af Sand og Soda til en haard, gennemsigtig Sten, der var en Slags Glas.

Fra Ægypterne lærte Fønikkerne, Jøderne og senere Grækerne og Romerne Kemiens Kunst. Romerne holdt sig til den praktiske Side af Sagen, Metaludvindingen, Glassmeltningen, Fremstillingen af Bygningsemner m. m. Særlig paa det sidste Omraade naaede de højt. De forstod ikke blot at brænde Kalksten (kulsur Kalk) og lave almindelig Murkalk deraf, ved at »læske« den brændte Kalk med Vand og blande den med Sand o. l.; men de kendte ogsaa Cement d. v. s. Murkalk, der hærdner under Vand. Dog fremstilledes denne vistnok af naturligt forekommende Cementer; den kunstige Fremstilling af Cement ved Sammenblanding af Kalksten, Lerjord m. m. er en Opfindelse, som kun er c. 100 Aar gammel. .

Grækerne derimod interesserede sig tillige for Kemiens videnskabelige Side. Navnlig efter at Aleksandria var blevet Hovedsædet for græsk Videnskabelighed, kastede græske Lærde sig med Iver over det kemiske Studium, og gennem deres Skrifter har vi faaet Oplysninger om en Del af de kemiske Fremgangsmaader og Hjælpemidler, som benyttedes i Oldtiden. Blandt andet har aleksandrinske Lærde givet Beretninger 0lll, hvad vi nu til Dags kalder Destillation.

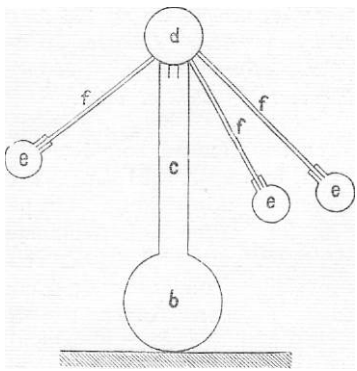


Fig. 102. Et aleksandrisk Destillat onsapparat.

Fig. 102 viser et aleksandrinsk Destillationsapparat; *b* er en Beholder af brændl Ler, *cl* og e Glasbeholdere, *c* og *f* Metalrør, der forbinder Beholderne, til hvilke de er kittede lufttæt. Dersom *b* indeholder Vædske, og denne Beholder stilles over Ilden, vil Vædsken fordampe; men Dampene fortættes atter til Vædske i de kolde Beholdere /', der imidlertid stadig maa overgydes med koldt Vand, hvis Fordampningen og Fortætningen skal kunne foregaa nogenlunde livligt. Man siger, at Vædsken »destillerer« fra *b* til /'. Dersom Vædsken indeholdt opløste faste Stoffer, der ikke fordamper, vilde de blive tilbage i *b,* og Vædsken var altsaa ved Destillationen blevet renset for disse Stoffer. Paa denne Maade kan Brøndvand renses for de Bestanddele, det har optaget af Jorden, og Havvand for sit Saltindhold. Fig. 103 er et moderne Destillationsapparat; her fortættes Dampene fra Kedlen *a* i Spiralrøret *dd,* der ligger i koldt Vandt, og det destillerede Vand løber ned i Karret g. Dersom to eller flere Vædsker, der fordamper ulige let, er blandede med

hinanden, kan de delvis skilles fra hinanden ved Destillation og temmelig fuldstændigt ved gentagne Destillationer. Denne Fremgangsmaade — brudt Destillation — har stor Betydning i Nutidens kemiske Industri; i forrige Afsnit omtaltes det, at raa Petroleum paa denne Maade adskiltes i sine Bestanddele.

Aleksandrinerne kendte ogsaa den saakaldte tørre Destillation, ved hvilken et fast Stof ophedes stærkt og derved afgiver luftformige Bestanddele, som atter til Dels kan fortættes; i Nutiden anvendes tør Destillation blandt andet ved Fremstilling af Gas og Tjære af Stenkul

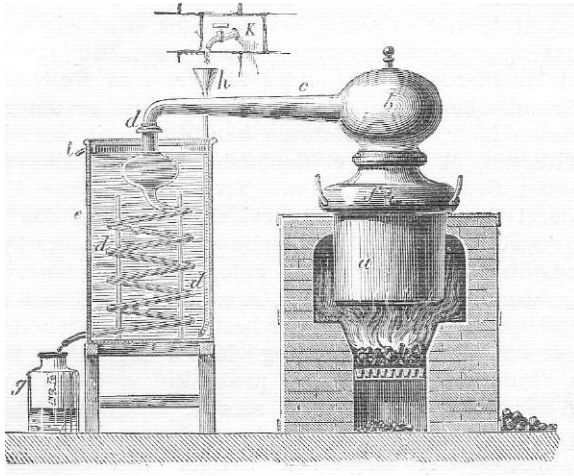


Fig. 103. Et nyere Vanddestillationsapparat

Da Araberne bredte deres Herredømme over Vestasien, Nordafrika og Spanien, forplantede Aleksandrinernes kemiske Kundskaber, som de havde taget i Arv, sig fra dem til det kristne Evropa. Men med de mange værdifulde Kundskaber fulgte tillige en skæbnesvanger Arv, nemlig Læren om Metalforvandlingen.

Ved Udsmeltning og Sammensmeltning af Metaller foregaar der mange Ting, som tidligt kunde fremkalde den Tanke, at et Metal kunde forvandles til et andet. Sammensmeltes Kobber med Zink elier Tin, faar man Messing eller Bronce, altsaa, som det synes, ny Metaller med helt andre Egenskaber. Af Bly kan der ofte ved lidens Indvirkning vindes en Del Sølv, og i gamle Dage, da man ikke ad andre Veje kunde paavise, at Blyet i Forvejen indeholdt dette Sølv, var det en nærliggende Antagelse, at Ilden virkelig havde omdannet — forædlet — noget af Blyet til Sølv. Da nu tillige de kemiske Teorier, som var fremgaaet af Grækernes Spekulationer, begunstigede Læren om Metalforvandlingen, er det let at forstaa, at Metallernes Forvandling og fremfor alt deres Forædling til Guld kunde blive Hovedformaalet for Kemikernes Stræben.

Troen paa Muligheden af at lave Guld havde nu paa den ene Side den Virkning, at kemiske Undersøgelser blev drevet med Iver i Middelalderen, skønt Studiet af Naturen ellers blev i høj Grad forsømt. Men paa den anden Side gik det uhyre Arbejde, som blev sat ind paa disse Undersøgelser, næsten helt til Spilde, fordi man

havde hele sin Stræben rettet alene mod et uopnaaeligt Maal og ikke vilde nøjes med at vinde et lille Skridt fremad i Forstaaelse og Kundskab; tilmed blev de ny Iagttagelser, som den enkelte Guldmager gjorde, i Reglen holdt hemmelige, saa at de ikke kunde føre den kemiske Videnskab fremad.

At Maalet — Metalforvandlingen — i sig selv er absolut uopnaaeligt, tør vi vel ikke paastaa. Den Mulighed er ikke udelukket, at Metallerne og de andre Stoffer, som Nutidens Kemikere kalder Grundstoffer, dog til syvende og sidst er sammensat af simplere Bestanddele, og at Naturen har Midler til, maaske i Løbet af lange Tidsrum, at opløse et Grundstof i disse Bestanddele for at danne et andet Grundstof af dem. Troen paa denne Mulighed har aldrig været forsvundet af Naturvidenskaben, og den har meldt sig med forøget Styrke i det ny Aarhundrede; engelske Forskere har saaledes opstillet den Teori, at det netop er en saadan overordentlig langsom Opløsning af Grundstoffer, som finder Sted ved de mærkelige Stoffer Radium, Thorium o. fl., der bestandig udsender Straaler tilsyneladende uden mindste Foranledning Men i hvert Fald har hele det forløbne Aarhundredes omfattende praktiske og teoretiske kemiske Undersøgelser stadig bekræftet, at selv de mægtige Midler, som nu staar til vor Raadighed, — og følgelig end mere Middelalderens langt svagere Midler — er magtesløse overfor den Opgave at omdanne den ringeste Mængde, som kan vejes eller maales, af noget Metal til et andet Metal.

Men i Middelalderen var Troen paa, at Opgaven kunde løses, saa stærk, at den ikke kunde rokkes ved de mange frugtesløse Forsøg. Der var desuden adskillige, som ikke blot paastod, men virkelig troede, at de havde naaet Maalet eller i det mindste skimtet det, og der er endnu opbevaret flere Opskrifter paa Tilberedningen af det hemmelighedsfulde Middel — »den store Eliksir« eller »de Vises Stens —, ved hvilket de uædle Metaller kunde forvandles til Guld. Disse Opskrifter var imidlertid i Reglen ganske uforstaaelige, eller de indeholdt et eller andet ukendt Stof, saa at det ikke var saa lige en Sag at følge dem.

Selv om Middelalderens Kemikere virkelig havde gjort den store eftertragtede Opfindelse, vilde der herved kun være vundet meget lidt for Menneskeheden. Den enkelte Mand, som først fandt de Vises Sten, kunde vel vinde stor Rigdom og Magt og dermed for en Tid ogsaa gavne den Fyrste og det Land, i hvis Tjeneste han stod, vel at mærke paa andre Landes Bekostning. Men naar Kunsten at lave Guld først blev almindelig kendt, vilde Herligheden være forbi. Om Guldet blev saa almindeligt, at selv de fattigste kunde skaffe sig Guldtallerkner, nyttede det dem kun lidet, hvis de ikke kunde faa noget at lægge paa Tallerknerne. Opfindelsen af et billigt Gødningsstof, der kunde gøre Markerne mere frugtbare, vilde aabenbart i denne Henseende være mere værd end den hele Guldmagerkunst.

Blandt Guldmagerkunstens eller »Alkemieris« Dyrkere var der da ogsaa mange som følte, at Forskningen maatte have et højere og ædlere Maal end det, at skaffe den enkelte Forsker Rigdom og Magt. Men de tillagde saa de Vises Sten andre hemmelighedsfulde Kræfter. Den kunde ikke blot forvandle uædle Metaller til Guld, men ogsaa helbrede alle Sygdomme og give ny Ungdom, ja nogle mente endog, at den kunde udrydde al Synd. At finde de Vises Sten blev saaledes efterhaanden enstydigt med at finde det Universalmiddel, der kan fjærne al Nød og Elendighed; og i denne Forstand er der endnu i vore Dage mange, der arbejder paa at finde den. Men nu saa lidt som før kan der gives nogen Opskrift, som alle kan bruge; ethvert Menneske maa selv se at finde den lille Splint af de Vises Sten, som for ham kan forvandle Jord til Guld og hele alle Saar.

Endnu i det 17. Aarhundrede og endda senere var Troen paa Guldmagerkunsten meget udbredt, og Fyrster tog ofte Guldmagere i deres Tjeneste. I Danmark ofrede Frederik III uhyre Summer paa Forsøg, som udførtes af en Guldmager. En af de sidste bekendte Guldmagere og tillige en af de faa, der virkelig bragte sin Fyrste Indtægter, var Bottger, der arbejdede for August af Sachsen. Rigtignok lykkedes det ham ikke at fremstille Guld, men han blev Opfinder af det hvide Porcellæn, det vil sige for Evropas Vedkommende; Kineserne havde i mange Aarhundreder været Mestre i Porcellænstilvirkningen. I Sachsen blev pulveriseret Porcellænsler (Kaolin) undertiden brugt i Stedet for Hvedemel til Pudring af de store Parykker, man brugte paa Bottgers Tid, og det fortælles, at Bottger netop opdagede Kaolinet derved, at han en Dag fandt sin Paryk særlig tung og af den Grund undersøgte det anvendte Pudder. Efter at han gennem en Række Forsøg havde fundet, at der af Kaolinet kunde fremstilles Porcellæn med lignende Egenskaber som det kinesiske, oprettedes i 1770 i Meissen Evropas første Porcellænsfabrik.

Ved Siden af Alkemien var der imidlertid fremvokset en virkelig videnskabelig Kemi; men den maatte længe famle og prøve sig frem, blandt andet fordi man ikke kendte Vandets og Luftens Sammensætning og derfor gjorde sig urigtige Forestillinger om en stor Mængde af de allervigtigste kemiske Processer, ved hvilke Vandet eller Luften spiller en Rolle, f. Eks. Kullets Forbrænding paa et Ildsted, Aandedrættet o. s. v. Først i de sidste Tiaar af det 18. Aarhundrede lærte man gennem Undersøgelser af Englænderne Cavendish og Priestly og Svenskeren Scheele en hel Række Luftarter at kende, deriblandt Vandets Bestanddele Ilt og Brint og Luftens Hovedbestanddele Ilt og Kvælstof. Medens tidligere Kemikere i Reglen kun havde brudt sig lidt om at undersøge, hvorledes Stofferne forandredes i Vægt ved de kemiske Processer, gjorde Franskmanden Lavoisier (lavoasié) Vægtskaalen til et af Kemiens allervigtigste Redskaber, og navnlig ved dens Hjælp blev det ham muligt at paavise det urigtige i de ældre kemiske Teorier og at lægge det Grundlag, paa hvilket Nutidens Kemi hviler.

Idet Lavoisier saaledes blev den nyere videnskabelige Kemis Grundlægger, har hans Virksomhed indirekte haft den største Betydning for den kemiske Industri, der kun har kunnet naa sit nuværende høje Standpunkt ved stadig at følge de Veje, Videnskaben anviste. Forøvrigt forstod Lavoisier ogsaa selv at gøre Resultaterne af sin Forskning nyttige for Industrien, og den franske Regering drog blandt andet Nytte af hans Evner i denne Retning' ved at stille ham i Spidsen for Salpeter- og Krudtfabrikationen. Til Trods for sine store Fortjenester af Fædrelandet og Videnskaben blev han imidlertid under den store Revolution anklaget for Misbrug af sin Embedsstilling, dømt til Døden og halshugget som saa mange andre af Frankrigs bedste Mænd (1794).

Fig. 104. Lavoisier.

Nicolaus Leblanc, Lavoisiers Landsmand og Samtidige, har paa en mere direkte Maade end denne knyttet sit Navn til Udviklingen af den kemiske Industri, idet han opfandt en Fremgangsmaade til kunstig Fremstilling af Soda og derved lagde Grunden til Nutidens kemiske Storindustri. Ligesom Lavoisier blev han lønnet med Utaknemlighed af sit Fædreland. Med Støtte af Hertug Philip af Orleans havde han faaet oprettet en Sodafabrik; men da Hertugen 1793 blev halshugget, blev Leblancs Velstand ødelagt og hans Virksomhed afbrudt. Først efter at lian i 1800 var død i Fattigdom, efter Sigende for egen Haand, kom man i Tanke om, at han havde fortjent en Nationalbelønning; langt senere tilkendte en af Napoleon III nedsat Kommission ham virkelig en saadan Belønning, der saa formodentlig er blevet ubetalt hans Arvinger.

Soda (kulsur Natron) og Potaske (kulsur Kali) har fra meget gammel Tid haft udstrakt Anvendelse dels som Renselsesmidler, dels til Fremstilling af Glas, og de to Stoffer ligner hinanden saa meget i deres Egenskaber, at man egentlig først for et Par Aarliundreder siden er blevet rigtig klar over Forskellen mellem dem.

Soda hentedes i Oldtiden navnlig fra de afrikanske Saltsøer, men man vinder den ogsaa ved at udtrække Asken af Tang eller Strandplanter med Vand og inddampe den vundne Opløsning. Koger man en Sodaopløsning med brændt Kalk, tager Kalken Kulsyre fra Sodaen, som derved omdannes til Natron; medens den samtidig dannede kulsure Kalk er uopløselig, bliver Natronet i Opløsningen, der nu kaldes Nalronlud. Ved Indvirkning af Natronlud paa Tælle eller andre Fedtstoffer faar man endelig Sæbe. Sammensmelter man Soda med Sand og endnu en eller flere Bestanddele (ofte kulsur Kalk), faar man Glas.

Potaske vindes af Landplanternes Aske ligesom Soda af Strandplanternes. I gamle Dag samlede man i Husholdningerne Asken af Brændet og udtrak den med Vand; efter at de ikke opløste Dele var sunket til Bunds, kunde den ovenstaaende klare Opløsning, der indeholdt Potasken, ligefrem bruges til Vask. Naar Potaske skulde fremstilles til Salg og forsendes, inddampedes Opløsningen til Tørhed, og Hesten glødedes derefter i Lerpotter (deraf Navnet). Ved at koge en Potaskeopløsning med brændt Kalk faar man »Kalilud«, der ligesom Natronluden sammen med Fedtstoffer danner Sæbe. Ogsaa til Fremstilling af Glas kan Potasken benyttes paa samme Maade som Soda. — Soda, Potaske, Natron og Kali sammenfattes ofte under Navnet »Alkalier«.

Inden Leblancs Sodafabrikation trængte igennem, var alene paa Ørknøerne c. 20,000 Mennesker beskæftigede med at indhøste Tang, brænde den og vinde Soda af Asken. Andre Steder paa Skotlands og Frankrigs Kyster tilberedtes Soda paa samme Maade. Ved Middelhavets Kyster dyrkede man Strandplanter for at vinde Soda af deres Aske. Og i Evropas Skovegne brændte man store Mængder af Træ for at fremstille Potaske af deres Aske. Men efterhaanden som Forbruget af Glas og Renselsesmidler voksede, blev det vanskeligere at tilfredsstille Efterspørgslen efter Soda og Potaske ad disse Veje, og man maatte se sig om efter ny Fremstillingsmaader.

Soda er som ovenfor antydet sammensat af Kulsyre og Natron, men delte bestaar atter af Ilt og et Metal Natrium. Ilt og Kulsyre kan man let nok skaffe, men vil man fremstille Soda ad kunstig Vej, maa man tillige have fat i det nævnte Metal eller et Stof, hvori det findes. Et saadant Stof er nu almindelig Kogsalt, altsaa Hovedbestanddelen af Havets Salt; Kogsalt bestaar nemlig af Natrium i Forbindelse med Luftarten Klor (Kemikerne kalder det derfor Klornatrium), og det er netop herfra Tangen, og Strandplanterne faar det Natrium, som i deres Aske danner Soda. Det 18. Aarhundredes Kemikere vidste ganske vist ikke, at Soda og Kogsalt var sammensat som her anført; de kendte nemlig ikke Metallet Natrium, der paa Grund af sin store Tilbøjelighed til at forene sig med Ilt, vanskelig kan faas i fri Tilstand; men de var dog klare paa, at den vigtigste Bestanddel af Soda ogsaa fandtes i Kogsalt, og at det altsaa maatte være muligt at vinde Soda deraf; de skulde blot inde i deres Laboratorier udføre noget lignende som Havplanterne udførte ude i Naturen. I 1775 udsatte det franske Akademi en Pris af 12,000 Francs for Løsningen af denne Opgave; men først 12 Aar senere fandt Leblanc en tilfredsstillende Løsning, og det varede endda længe, inden den kunstige Soda vandt almindelig Udbredelse. Endnu i 1824 maatte en Sodafabrik, som oprettedes i Liverpool, forære betydelige Mængder af Soda til Sæbesyderne, inden de kunde faa dem til at opgive deres Mistillid til det ny Produkt.

Vi skal ikke her gaa ind paa Enkelthederne ved Leblancs Fremgangsmaade; men vi maa omtale de Raastoffer, som bruges,

og de Stoffer, som vindes, for at vise, hvorledes andre Industrier knyttes til Sodaindustrien.

Til Fabrikationen benyttes de lire Stoffer Kogsalt, Svovlsyre, Stenkul og kulsur Kalk. De to sidste kan umiddelbart hentes fra Kulgruber og Kalkbrud (baade Kridt, Kalksten og Marmor m. m. er kulsur Kalk), og Kogsaltet kan vindes i store Mængder af Havet paa let og simpel Maade. Ved Sydevropas Kyster ledes Havvandet ind i store flade Bassiner, hvor Solvarmen bringer Vandet til at fordampe, saa at Saltet bliver tilbage. I køligere Egne inddampedes Havvandet navnlig i tidligere Tid ofte ved kunstig Varme. I det kolde Norden kan man vinde Salt ved at lade Havvand fryse og borttage Isen; denne er nemlig næsten fersk, medens det tilbageblevne Vand indeholder næsten alt Saltet; denne stærke Saltopløsning kan saa inddam-

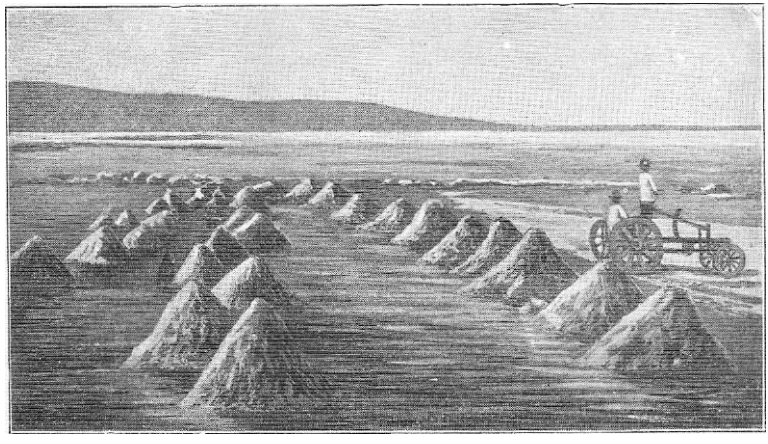


Fig. 105. Saltvinding paa Saltonsoen i Nordamerika.

pes. Saltet kan endvidere hentes fra Saltkilder, Saitstepper og Saltsøer, hvor det inde ved Kysten undertiden kan udskille sig i tykke Lag om Sommeren, naar Solen bringer Vandet til at fordampe (se Fig. 105). Endelig kan Saltet vindes ved Grubedrift i de store underjordiske Stensaltlag, som er afsat af udtørrede Fortidshave eller Saltsøer.

Svovlsyren blev længe før Opfindelsen af det kunstige Soda fremstillet fabrikmæssigt navnlig i England, hvor man brugte den Fremgangsmaade at brænde Svovl i store fugtige Glaskar under Tilsætning af noget Salpeter. Ved Indførelsen af Leblancs Sodafabrikation steg Forbruget af Svovlsyre stærkt, og Fabrikationen af Syren blev ofte henlagt til Sodafabrikkerne, saa at de tillige blev Svovlsyrefabrikker. Som Raastof ved Fremstilling af Svovlsyre kan i Stedet for Svovl benyttes svovlholdige Mineralier, der findes i store Mængder

i Naturen; Salpeter behøver man kun at bruge forholdsvis lidt af, ja, man kan i vore Dage helt undvære det. Man ser altsaa, at der ikke godt kan blive Mangel paa noget af de fire ovenfor nævnte Stoffer, som danner Udgangspunktet for Leblancs Sodafabrikation.

I Sodafabrikkerne behandledes Kogsaltet (Klornatrium) først med Svovlsyre, og herved fik man svovlsurt Natron eller Glaubersalt og en Luftart Klorbrinte, hvis Opløsning i Vand er Saltsyre Ved at gløde Glaubersallel med Kul og kulsur Kalk faar man saa Soda samt Svovlkalcium.

Del sidste Stof var ikke blot unyttigt, men ogsaa til stort Besvær; ved Fabrikker, der laa inde i Landet, ophobede man det i store Bunker, som kunde være meget ubehagelige for Omegnen, da de under Luftens Paavirkning udviklede den ildelugtende Luftart Svovlbrinte. Senere lærte man til Dels at genvinde Svovlsyren af Svovlet i Svovlkalcium, men noget værdifuldt Stof er det ikke blevet.

Endnu langt større Plager havde Sodafabrikanterne til at begynde med af Klorbrinten. Lod de den uden videre slippe ud i Luften, ødelagde den Plantevæksten i Omegnen; førte de den til Vejrs gennem høje Skorstene, bragte Regnen den ned igen, og Ødelæggelsen spredte sig til en videre Omkreds: og ledte de den ned i Floderne, tor at Vandet kunde optage den. dræbte den Fiskene. Fabrikanterne blev da navnlig i England tvungne til at omdanne al Klorbrinten til Saltsyre, om de vilde undgaa Processer og høje Bøder; men dette krævede ret kostbare Apparater bestaaende af lange Rækker af Lerkrukker med Vand, gennem hvilke Klorbrinten maatte passere, eller af høje Taarne med Kokes, gennem hvilke Klorbrinten steg til Vejrs, medens Vand ovenfra rislede ned over Koksene og optog Klorbrinten. Det var desuden i Begyndelsen vanskeligt for Fabrikanterne at blive af med Saltsyren, fordi den frembragtes i langt større Mængder, end der var Brug for ti! Fremstilling af Klor, hvilket var Saltsyrens Hovedanvendelse.

Den gulgrønne, giftige Luftart Klor blev allerede 1774 opdaget af den svenske Kemiker Scheele, og en halv Snes Aar senere foreslog Franskmanden Berthollet, at man i Praksis skulde benytte den blegende Evne, Kloret havde vist sig i Besiddelse af overfor mange Stoffer. James Watt, der paa en Rejse i Frankrig blev bekendt med Berthollets Ideer, indsaa straks, at Klorblegningen kunde faa stor Betydning for Englands Bomuldsindustri, og efter hans Opfordring foretoges der da i Glasgow Forsøg i denne Retning, og baade i Frankrig og England naaede man efterhaanden til praktisk anvendelige Resultater. Opfindelsen af Spindemaskinen og den mekaniske Væv havde gjort det muligt for Bomuldsfabrikkerne hurtigt og let at fremstille store Mængder af Tøj; men til Blegningen af dette Tøj krævedes der lang Tid og tillige mægtige Engstrækninger, saalænge man var henvist til at benytte Engblegningen, ved hvilken Tøjet Uger igennem maa ligge udstrakt paa Engene, udsat for Lysets

og Luftens Paavirkning. Dette Misforhold blev ophævet ved Indførelsen af Klorblegningen.

Kloret vinder man af Saltsyre (ved at opvarme Syren med Brunsten), og hertil kunde altsaa en Del af Sodafabrikkernes Saltsyre finde Anvendelse. Enten sendes Saltsyren til Blegerierne eller man fremstiller paa Sodafabrikkerne Klor, som ledes til læsket Kalk; der dannes da et fast Stof Klorkalk, som let kan forsendes, og som virker blegende ligesom Kloret selv. Klor eller Klorkalk kan foruden til Bomuldsblegning anvendes til Blegning af Lærred og Papir, medens det virker ødelæggende paa Stoller, der hidrører fra Dyreriget som Uld og Silke (her maa man bruge Luftarten Svovlsyrling, der dannes ved Forbrænding af Svovl). Endvidere er Klorkalk nu ef meget udbredt Desinfektionsmiddel, og da der tillige i liere andre Industrigrene bruges betydelige Mængder af Saltsyre, er Forbruget af dette Stof steget overordentlig stærkt siden Sodafabrikkernes Barndomstid. Følgen heraf er blevet, at Klorbrinlen, der oprindelig var en ren Svøbe for Fabrikkerne, ja endog voldte nogle Fabrikkers Ruin, nu er blevet den Redningsplanke som holder de Leblaneske Fabrikker oven Vande under den haarde Konkurrence med en senere opfunden Metode til Sodafremslilling (Ammoniakmeloden, opfunden af Belgieren Solvay). Ja, der findes endog i Tyskland Leblaneske Fabrikker, .som helt er holdt op at fremstille Soda; naar de af Svovlsyre og Kogsalt har faaet Klorbrinte og Glaubersalt, vinder de Saltsyre eller Klorkalk af Klorbrinten og benytter Glaubersaltet lil Glassmeltning uden først at omdanne det tLi Soda.

Man vil af det foregaaende kunne forstaa, at den Virksomhed, der udfoldedes i Svovlsyre- og Sodafabrikkerne, var af største Betydning, blandt andet for Sæbe- Glas- og Bomuldsindustrien. Men ogsaa mange nyere Industrigrene henter vigtige Produkter fra disse Fabrikker. Svovlsyre og Saltsyre anvendes saaledes ved Fabrikation af kunstige Gødningsstoffer. Salpetersyre fremstilles ved Hjælp af Svovlsyre og benyttes sammen med denne i store Mængder til Fremstilling af Sprængstoffer. De forskellige Syrer og Alkalier er endvidere af saa stor Vigtighed for Fabrikationen af Tjærefarvestoffer, at denne ofte forenes med Svovlsyre- og Sodafabrikationen i samme industrielle Aniæg.

Den systematiske Anvendelse af kunstige Gødningsmidler i Landbruget kan føres tilbage til den tyske Kemiker Liebigs Virksomhed. Mange videnskabelige Kemikere har arbejdet paa at gøre den kemiske Videnskabs Resultater nyltige i det praktiske Liv; men faa er gaaet til dette Arbejde med en saadan Tro og Begejstring som Liebig; og vi kan ikke nævne nogen anden, hvis Virksomhed i denne Retning har faaet større Falger end Liebigs. Han kan betragtes som Grundlægger af Agerdyrkningskemien, og selv 0lll hans Teorier ikke alle har været rigtige, fordi Forholdene ofte var mere indviklede, end han troede, har det fortsatte Arbejde'i de Spor, han anviste, skaffet Brød til Tusinder eller vel rettere Millioner af Mennesker.

Justus v. Liebig (1803—73) var allerede som Dreng Kemiker med Liv og Sjæl. Hans Fader havde en Materialhandel, i hvilken lian fik rig Lejlighed til at eksperimentere med allehaande Kemikalier, og tillige studerede han kemiske Værker med en saadan Flid, at der ikke blev megen Tid tilovers til Skolefagene, hvorfor han ofte indtog Fuksepladsen i sin Klasse; men da en af hans Lærere en Dag mistrøstig udbrød: >;Hvad skal der dog blive af dig, Liebig« svarede den unge Liebig uden Retænkning og med straalende Øjne: »Kemiker«. Allerede i en Alder af 21 Aar var han da ogsaa naaet frem til at være Professor i Kemi ved Universitetet i Giessen. Under sin lange Lærervirksomhed viste han en stor Evne til at forplante sin Begejstring for Kemien til sine Ellever, og tillige spredte hans Skrifter (navnlig: Kemiske Breve«) Interessen for denne Videnskab i vide Kredse.

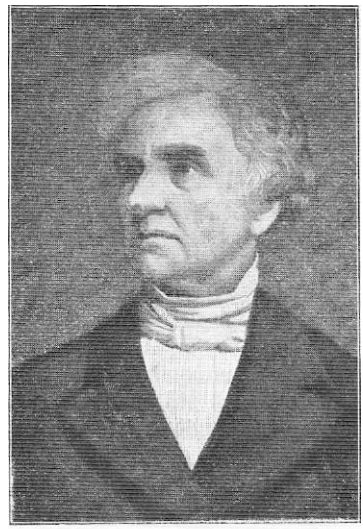


Fig. 106. Justus v. Liebig.

Liebigs kemiske Virksomhed var overordentlig mangesidig. De Opdagelser, han har gjort, og de Fremgangsmaader, han har angivet, har haft den største Betydning for den videnskabelige Kemis Udvikling. Men sin varmeste Interesse viede Liebig dog det store og omfattende Spørgsmaal, hvorledes Næringsmidlerne bedst og rigeligst kan vindes af Jorden og Luften og med Planter og Dyr som Mellemled tilpasses efter Menneskets Behov. Det mest kendte og udbredte Vidnesbyrd om denne Interesse er nu tit Dags »Liebigs Kødekstrakt«; før Liebigs Tid blev de store Kvæghjorder i Sydamerika hovedsagelig opdrættede for Hudens, Fedtets og Hornets Skyld, medens Kødet i Reglen gik til Spilde; Liebig foreslog saa, at man skulde koge Kødekstrakt af Kødet, og nu udnyttes aarlig Kødet af flere hundrede tusind Stykker Kvæg paa denne Maade efter Liebigs Planer. Men langt vigtigere end dette er dog hans Arbejde for Indførelsen af kunstige Gødningsstoffer. Han indskrænkede sig ikke til at anstille teoretiske Betragtninger og Laboratorieforsøg over denne Sag, uien udførte ogsaa Forsøg i det store paa en nøgen Landstrækning, hvor hidtil intet .kunde trives; ved at tilføre Jorden de Stoffer, den manglede, forvandlede han i Løbet af faa Aar de ufrugtbare Flader til smukke Haver.

I Egne, hvor Kvægavlen er Landbrugets Hovederhverv, og hvor der endog indføres Foderstoffer til Brug for Kvæget, vil Jorden i

Hovedsagen gennem den naturlige Gødning kunne faa Erstatning for •de Stoffer, Planterne tager fra den. Men anderledes stiller Sagen sig i Egne, der fortrinsvis producerer Korn eller andre Plantestoffer, som føres bort fra Markerne til de store Byer eller til andre Lande. Her er det, at de kunstige Gødningsstoffer har faaet en overordentlig stor Betydning, idet det kun ved Hjælp af dem er blevet mulig! stadig at skaffe rige Afgrøder uden at udpine Jorden. Der er navnlig tre Stoffer, hvis Mængde i Jorden under visse Forhold hurtig kan formindskes, og som derfor stadig maa tilføres ude fra. Disse Stoffer er Fosfor (Fosforsyre), Kalium (Kali) og Kvælstof.

Fosforsyren kan tilføres Jorden ved Anvendelse af Guano, der er dannet af Søfugles Ekskrementer, som gennem mange Aar er ophobet paa visse Øer og Kyster; det er altsaa egentlig naturlig Gødning. En anden Fosforgødning vindes af Dyrenes Knogler. Men man kan ogsaa skaffe saadan Gødning fra den livløse Natur ved at behandle visse forsforholdige Mineralier (Kalkfosfater) med Svovlsyre. I 1878 opfandt Englænderne Thomas ogGilchrist en Fremgangsmaade, ved hvilken man i Bessemerovnen (se S. 104) af fosforholdige Jærnmalme kunde udvinde fosforfrit Jærn medens man samtidig fik en stærkt fosforholdig Slagge. Naar denne »Thomasslagge« finmales, kan den uden videre bruges som en værdifuld Fosforgødning. Thomas's Opfindelse blev saaledes paa en Gang til stor Nytte for Jærnindustrien og for Landbruget.

Kalium er et Metal, der sammen med Ilt danner Kali, ligesom Natrium sammen med Ilt danner Natron, og at Planterne bruger dette Stof følger allerede af den Omstændighed, at Potaske (kulsurt Kali) findes i Landplanternes Aske. Under andre Forhold dannes der af Planternes Kalium Salpeter (Kalisalpeter), et Stof der bestaar af Kalium, Ilt og Kvælstof. Men baade Potaske og Salpeter er der god Brug for uden for Landbruget, og det var længe vanskeligt at tilfredsstille Efterspørgslen efter disse Stoffer. Omtrent ved Midten af det 19. Aarhundrede opdagede man imidlertid ved Boringer i prøjsisk Sachsen (ved Stassfurt), al der nede i Jorden fandtes udstrakte Lag af saltholdige Mineralier, som for en stor Del bestod af Klorkalium. I disse Stassfurter Saltlag, der i Virkeligheden strækker sig hen under næsten hele den nordtyske Slette, har man da endelig fundet den rige Kilde til alle Slags Kaliumforbindelser, til hvilken den kemiske Industri saalænge havde trængt. Ganske ligesom man ved Leblancs Metode vinder Soda af Havets Klornatrium, kunde man nu vinde Potaske af det stassfurtske Klorkalium. Det kunde endvidere benyttes til Fremstilling af Kalisalpeter (til Krudt). Og desuden har Landbruget i Stassfurtersaltene fundet et kunstigt Gødningsmiddel, som kan forsyne Jorden med Kalium, hvor det tiltrænges.

Kvælstof skulde man ikke mene, at Planterne nogensinde kunde komme i Forlegenhed for, da denne Luftart udgør Størstedelen af den atmosfæriske Luft, som ikke alene omgiver Planten foroven, men ogsaa gennemtrænger Porerne i Jorden omkring dens Rod. Det er imidlertid kun enkelte Plantearter — Kløver, Ærter og deres

Slægtninge —, der formaar at adnytte Luftens Kvælstof; de fleste Planter maa have deres Kvælstof tilført i Form af kemiske Forbindelser, og saadanne Forbindelser maa da stadig tilføres Jorden med naturlig og kunstig Gødning. Alene i Tyskland bruges der aarlig for henimod 100 Millioner Kr. kunstig Kvælstofgødning, derunder dog indbefattet Guano. Ved Gasværkerne vindes af Stenkullene betydelige Mængder af Ammoniak, der er en Forbindelse af Brint og Kvælstof; og ved at behandle dette med Svovlsyre faar man svovlsur Ammoniak, som finder udbredt Anvendelse som Kvælstofgødning. Paa denne Maade næres Nutidens Planter af det Kvælstof, som samledes af Stenkulstidens Planteverden. Foruden det svovlsure Ammoniak benyttes som Kvælstofgødning store Mængder af Natronsalpeter. Dette Stof, der er sammensat ligesom det ovenfor omtalte Salpeter, blot med Natrium i Stedet for Kalium, findes i Sydamerika i et udstrakt Lag langs Chiles Grænse mod Peru, og det har faaet den største Betydning ikke blot for Landbruget, men ogsaa for Sprængstofindustrien.

Kunsten at fremstille Sprængstoffer var kendt langt tidligere i det fjærne Østen end i Evropa; men ogsaa her kendte man allerede for mer end 1000 Aar siden Krudt, der ligesom Nutidens var sammensat af Salpeter, Trækul og Svovl. Under Navnet »den græske Ild« benyttedes baade dette Krudt og andre Sammenblandinger af brændbare Stoffer i Krigsøjemed; Kastemaskiner af forskellig Art slyngede hule Sten eller andre Beholdere fyldte med saadanne Stoffer ind i fjendtlige Fæstninger eller Skibe, hvor de skulde tænde Ild eller paa anden Maade udbrede Skræk og Fordærvelse. Beretningerne om den græske Ilds Sammensætning og Virkemaade er forøvrigt lidet overensstemmende og ofte ret fantastiske.

Først i det 14. Aarhundrede begyndte man at anvende Krudtet som Drivkraft for de Projektiler, der slyngedes mod Fjenden. De »Ildvaaben«, som hertil benyttedes, var i Begyndelsen meget ufuldkomne og navnlig meget besværlige at bruge som Vaaben for Enkeltmand. Gennem en snæver Gang, Fænghullet, som fyldtes med Krudt, stod Krudtladningen i Løbets bageste Del i Forbindelse med noget Krudt, der anbragtes frit paa en lille flad Skaal, Panden; naar Bøssen skulde affyres, antændte Skytten »Fængkrudtet« paa Panden ved at holde en brændende Lunte hen til det. Senere fandt man paa at fastgøre Lunten i en Hane, som ved et Tryk paa en Aftrækker førte Luntegløden ned til Fængkrudtet.

Bøsser med denne Indretning, — Luntebøsser — afløstes i Løbet af det 17. Aarh. af Flintebøsser; i dem antændtes Krudtet ved den Gnist, som fremkommer, naar Staal slaar mod Flint. Men endnu ved Flintebøssen var Skytten i høj Grad afhængig af Vejret; kun ved Anvendelse af stor Forsigtighed kunde han bruge den i Regnvejr. Desuden knyttede der sig til dem den Ulempe, som særlig ved Jagt var meget generende, at der forløb en kendelig Tid mellem Fængkrudtets Tænding og Ladningens Eksplosion.

Det næste store Fremskridt bestod i Indførelsen af Tændsats eller Knaldsats, d. v. s. Stoffer, der tændes og eksploderer alene ved et Slag eller Stød, og som saa forplanter Eksplosionen til Krudtet. Af saadanne Stoffer har Nutidens Kemi mange til Raadighed; mest bekendt er Knaldkviksølv og klorsurt Kali, blandet med brændbare Stoffer. Tændsatsen behøver kun at staa i Forbindelse med Krudtladningen, men kan forøvrigt være indesluttet i en »Fænghætte« af Metal (Kobber eller Messing); det Slag, Hanen frembringer, forplantes gennem Metallet til Tændsatsen og tænder den. I Nutidens Eagladegeværer anbringes Tændsatsen, Krudtet og Haglene eller »Kuglen« (som dog ikke længer har Kugleform) samlede i en Patron med et lufttæt Hylster af Metal eller Papir og Metal. Regn eller fugtig Luft faar saaledes ingen Indflydelse paa Skuddet.

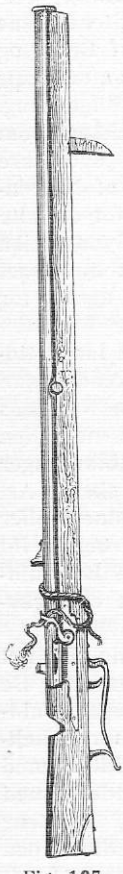


Fig. 107. En Luntebøsse fra det 16. Aarhundrede.

Krudtets Anvendelse i Bjærgværksdriften er omtalt S. 96 (her staar fejlagtig 18. i Stedet for 14. Aarh.).

Fremstillingen af selve Krudtet hører egentlig ikke ind under den kemiske Industri, da de enkelte Bestanddele: Trækul, Svovl og Kalisalpeter, ikke skal bringes i kemisk Forbindelse med hinanden, men kun findeles, blandes og presses, Arbejder, som i ældre Tid udførtes ved Stampning med tunge Stampere, men nu foregaar paa mindre farlig Maade. Imidlertid er Træets Forkulning og Fremstillingen af rent Salpeter og Svovl kemiske Industrigrene.

Salpeterdannelsen udføres adskillige Steder af Naturen selv. Naar Gødningstoffer forraadner i Indiens kalirige Jord, blomstrer der mange Steder Salpeterkrystaller frem af Jorden. Paa lignende Maade dannes der i Evropa Salpeter i Jorden omkring gammeldags Stalde og Møddinger, hvor man ikke sørger for at opsamle Ajlen til Gavn for Markerne. Det var ikke saa ganske lidt, man tidligere kunde faa herfra, naar det gjaldt om for enhver Pris at skaffe Salpeter; under de franske Revolutionskrige skal man have indvundet 2—3000 Tons Salpeter aarlig ved Udludning af »Salpeterjorden« rundt om i Frankrig. Salpeter kan endvidere vindes i saakaldte Salpeterplantager, hvor man kunstigt frembringer lignende Betingelser som i Indien. Men nu fremstilles det meste Kalisalpeter til Krudttilvirkning af Natronsalpeter fra Chile og Kalisalte fra de før omtalte Stassfurter Saltlag.

I Løbet af det 19. Aarhundrede har det gamle Krudt — Sortkrudtet -— faaet en Række farlige Konkurrenter. De vigtigste af disse er Skydebomuld og Ni roglycerin.

Som Opfinder af Skydebomulden nævnes i Regien Schonbein i Basel; men til Grund for Opfindelsen laa tidligere Forsøg af franske

Kemikere. I 1S46 og de følgende Aar foretoges omfattende Forsøg med det ny Stof, som ikke mindst ved sin Fremstillingsmaade var vel egnet til at vække Opsigt og Forbavselse, Ved at dyppes i en Blanding af Salpetersyre og Svovlsyre forvandles Bomuld til et Stof, som i sit Udseende ikke adskiller sig synderligt fra almindelig Bomuld, men som i Virkeligheden er et frygteligt Sprængstof, betydeligt voldsommere end Krudtet i sin Virkning. I Stedet for Bomuld, som er næsten ren Cellulose (d. v. s. det Stof, hvoraf Planternes Cellevægge bestaar), kan man ogsaa anvende Cellulose, der er udvundet af Træ eller fremstillet paa anden Maade, og man kan da i Stedet for »Skydebomuld« bruge Navnet Nitrocellulose.

1 1862 foreslog den svenske Ingeniør Nobel Anvendelsen af en Sprængolje, Nitroglycerinen, der dannes af Glycerin paa lignende Maade som Skydebomuld af Bomuld.

Senere har endvidere Pikrinsyren, der fremstilles ved Indvirkning af Svovlsyre og Salpetersyre paa Karbolsyre, faaet stor Betydning; den udgør den væsentlige Bestanddel af de bekendte Sprængstoffer Melinit, Lyddit o. fl.

Til at begynde med var det en stor Hindring for de ny Sprængstoffers Anvendelse, at den mindste Uforsigtighed under Omgangen med dem kunde give Anledning til, at de eksploderede; tnen efterhaanden har man overvundet denne Vanskelighed. Skydebomulden kan saaledes i vaad Tilstand forsendes og opbevares uden Fare; selv naar den er tør, eksploderer den ikke let, naar blot den er stærkt sammenpresset. Ved at lade Nitroglycerinen opsuge af glødet »Infusoriejord«, der bestaar af Kiselskaller af Smaadyr fra en fjærn Fortid, fremstillede Nobel et Sprængstof, Dynamit, som er langt mindre farligt end den flydende Nitroglycerin. Ved denne eller andre Tilsætninger kan de ødelæggende Kræfter, som gemmes i Nitroglycerinen, endogsaa dysses i saa haard en Søvn, at de hverken kan vækkes ved Ild eller ved kraftige Hammerslag, men kun ved Eksplosionen af en Knaldsats. Dynamit bliver saaledes i visse Henseender et langt mindre farligt Sprængstof at have at gøre med end Krudt.

At de ny Sprængstoffer virker stærkere end Sortkrudtet, hidrører dels fra, at et vist Rumfang (elier Vægt) af dem udvikler en større Mængde Luft end et ligesaa stort Rumfang (eller Vægt) af Sortkrudt; men desuden forvandles de meget hurtigere til Luft end det gamle Krudt. Dynamittens Eksplosion foregaar saa pludselig, at en Sten kan sprænges derved, selv om man kun har lagt Dynamitten ovenpaa den. Ved Stensprængning virker Dynamit paa Grund af Eksplosionens Pludselighed stærkt knusende paa de nærmeste Dele, men slynger i Reglen ikke de løssprængte Stenstykker saa langt bort som Krudt. I Bjærgværksdrift og navnlig ved Tunnelsprængninger o. Ign. er delte som oftest en Fordel, og til saadant Brug vandt Dynamitten da ogsaa temmelig hurtigt stor Udbredelse. Særlig berømt er en Dynamilsprængning, som i 1876 fandt Sted ved Indsejlingen til New York, hvor en underjordisk Klippe hindrede Sejladsen. Efter at

der ind under Klippen var anbragt Minegange med en samlet Længde af et Par Kilometer og anbragt henved 25,000 Kilogram Dynamit og andre Sprængstoffer fordelt i over 4000 Borehuller, tændte Ingeniørens treaarige Datter aile Dynamitpatronerne, idet hun sluttede en elektrisk Strøm ved et Tryk paa et Haandtag; ved Trykket af den lille Piges Haand løsnedes og sønderspræ ngtes saaledes Klippemasser af 1—200,000 Tons Vægt.

Naar Sortkrudtet eksploderer, forvandles kun en Del af det til Luftarter; Resten bliver tilbage som fast Stof, der ved Ildvaabnene dels danner Røg, dels sætter sig som Krudtslam i Løbet. Baade Skydebomuld og Nitroglycerin omdannes derimod næsten fuldstændig til Luftarter, og der blev ikke mindst af denne Grund sat et stort Arbejde ind paa at gøre disse Sprængstoffer anvendelige i Ildvaabnene. Her var det en Ulempe, at de eksploderede saa pludseligt, da Løbet led altfor meget derved og let kunde sprænges. Efterhaanden er det dog lykkedes af Skydebomuld, Nitroglycerin og andre lignende Sprængstoffer ved forskellige Tilsætninger at fremstille røgfrit Krudt, der brænder langsomt nok til at kunne bruges baade i Kanoner og Geværer.

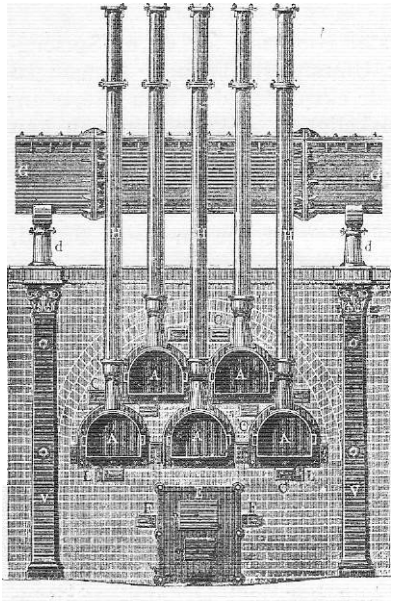


Fig. 108. En Retortovn.

Den Salpetersyre, som bruges til Fremstilling af Skydebomuld og Nitroglycerin, vindes for største Delen ved Indvirkning af Svovlsyre paa Natronsalpeter, og dette Stof er altsaa af mindst ligesaa stor Betydning for de ny Sprængstoffer som for Krudtet.

Udnyttelsen af Stenkulstjæren er maaske det Omraade, hvor Nutidens kemiske Industri i Forbund med Videnskaben har naaet de allersmukkeste og mærkeligste Resulsater.

Det er tidligere omtalt (S. 102), at man i England i det 18. Aarhundrede fremstillede Kokes af Stenkullene i ret betydelige Mængder for Jærnudsmeltningens Skyld, og allerede adskilligt tidligere brugtes Kokes en Del som Brændsel; man maatte da ogsaa vide, at Stenkul ved Ophedning afgiver Luftarter (navnlig Brint og Kulbrinter), som kan brænde med lysende Flamme; men først i det 19. Aarhundrede begyndte man i Praksis at benytte den saaledes udviklede Stenkulsgas til Belysning. Ved Gasfabrikationen underkastes Slenkullet en tør Destillation (se S. 111)

i lukkede Jærn- eller Lerbeholdere — Retorter. Flere saadanne Retorter er samlede i en »Retortovn«, hvor de alle ophedes ved Flammen fra samme Ildsted; Fig. 108 viser en Retortovn set forfra, idet Laaget er taget af alle Retorterne (A), der maa tænkes at strække sig et langt Stykke ind i Ovnen. I Bunden af Retorterne anbringes Stenkullet, og under Ophedningen stiger den uddrevne Gas op gennem Rørene H og føres fra deres øverste Ende gennem andre Rør (som paa Figuren er skjult bag Rørene H) ned til det store vandrette Rør G; i den nederste Del af dette Rør fortættes ved Gassens delvise Afkøling noget af den til Tjære samt til Vand, der lægger sig ovenpaa Tjæren. Resten af Gassen føres gennem lange Rør, hvor den afkøles yderligere og atter afgiver Vand og Tjære; derefter maa den endnu renses paa forskellig Maade. I det Vand, der dannes ved Gassens Afkøling, saa vel som i Vand, der bruges til dens Rensning, er der opløst Ammoniak, som Gassen har ført med sig; en stor Del af denne Ammoniak kommer, som ovenfor omtalt, Landbruget til Gode.

Efter at man ved videnskabelige Undersøgelser havde fremstillet flere forskellige Stoffer af Kultjæren, blandt andet Karbolsyren, begyndte man for c. 60 Aar siden i Teknikken at underkaste Tjæren en brudt Destillation nærmest for at udvinde Kreosotolje til Imprægnering af Træ, som derved beskyttedes mod Forraadnelse. Dette var det første meget beskedne Maal for Tjæreindustrien, der i vore Dage fremdrager en talløs Mængde af værdifulde Stoffer af den sorte Tjære; vi kan her kun nævne nogle enkelte af dem.

Af Tjærens mere flygtige Bestanddele, som uddrives af Varmen i Begyndelsen af Destillationen, inden Varmegraden er blevet meget høj, vindes ved fornyet brudt Destillation blandt andet Benzol, der i mindre ren Tiistand og under Navnet Benzin er almindelig kendt som et udmærket Middel til Fjærnelse af Fedtpletter. (Denne Stenkulsbenzin maa ikke forveksles med Petroleumsbenzin, der finder Anvendelse til Motorbrug; se S. 22 og S. 108). Af de noget mindre flygtige Dele vindes Karbolsyren, gennem hvilken Tjæreindustrien har faaet stor Betydning for Lægekunsten; denne faar forøvrigt fra Stenkulstjæren ikke blot Karbolsyre, men ogsaa Salicylsyre, Antipyrin og en hel Hærskare af andre Lægemidler, hvis Værdi dog nok for en stor Del er meget tvivlsom. Til de tungere flygtige Dele hører Kreosotoljer og nogle Maskinoljer. Hvad der bliver tilbage efter Destillationen er Beg, som benyttes til Asfaltfabrikation.

Ved Indvirkning af Salpetersyre paa Benzol fik man tidligt et Stof Nitrobenzol, som fandt Anvendelse som Parfume (Essence de Mirbane) navnlig i Sæbefabrikationen. Af Nitrobenzol fremstilledes senere en farveløs Vædske, Anilin, og af denne fremstillede endelig den engelske Kemiker Perkins i 1856 det første Tjærefarvestof; faa Aar efter opdagede en Franskmand det pragtfulde røde Fuksin og snart efter fulgte violette, grønne og blaa Anilinfarver.

Tidligere havde man til Farvning foruden visse farvede Metal-

salte væsentlig anvendt Farver som hentedes fra Planteriget (eller Dyieriget). Men nu dukker pludselig en hel Flok Anilinfarver frem af Stenkulstjæren og melder sig som Konkurrenter til de gamle prøvede Farvestoffer, af hvilke flere har gjort Tjeneste i Aartusinder. Plantefarvestofferne skulde imidlertid faa endnu haardere Konkurrenter end Anilinfarverne. Af en anden Bestanddel af Tjæren, Antracenet, fremstillede Tyskerne Graeber og Liebermann 1860 Alizarin, der ikke var noget nyt Farvestof, men det samme, som findes i Kraproden, der allerede brugtes til Farvning i det gamle Ægypten. Da det kunstige Alizarin fremkom, dyrkedes Kraproden rundt om i Evropa, og alene i England forbrugtes aarlig Kraprod til en Værdi af henimod en Snes Millioner Kroner; 10 Aar efter havde det kunstige Alizarin fuldstændig slaaet det naturlige af Marken. Senere er det gaaet paa samme Maade med andre Plantesloffer. I de sidste Aar har selve Indigoen, det berømteste og værdifuldeste af dem alle, en af Indiens eftertragtede Skatte, maattet optage Kampen med det kunstige Indigo; dette blev fremstillet for mere end en Snes Aar siden af den tyske Kemiker Baeyer; men først gennem mangeaarige ihærdige Anstrængelser er det lykkedes at overvinde de tekniske Vanskeligheder, saa at det paa økonomisk Maade kan udvindes af Stenkulstjæren.

Endnu kan det nævnes, at der af Tjæren foruden de utallige Farvestoffer og Lægemidler vindes en stor Mængde Stoffer, som anvendes i Fotografien.

Man har en Tid frygtet for, at Tjæreindustriens Fremgang skulde standses af Mangel paa det fornødne Raastof, og saa længe man var henvist til at benytte Tjære fra Gasværkerne, kunde den Frygt nok være begrundet. Ved Fremstilling af Kokes til Metaludsmeltning bortbrændte imidlertid til ingen Nytte store Mængder af Tjærebestanddele, som ved Ændringer i Fremgangsmaaden maatte kunne reddes og udnyttes. Saadanne Ændringer er det i den nyere Tid lykkedes at indføre uden Skade for selve Kokesproduktionen, og dermed har Tjæreindustrien faaet en ny righoldig Kilde til Raastof. Hvad særlig Indigoen angaar, da findes det Stof, Naftalin, hvoraf den fremstilles, i Stenkulstjæren i saa rigelig Mængde, at Verdens Forbrug af Indigo let kan tilfredsstilles dermed.

Det er særlig de tyske kemiske Fabrikker, der har ført Tjæreindustrien frem til dens nuværende høje Standpunkt. Naar England, Stenkullets klassiske Land, paa dette Omraade er blevet fuldstændig overfløjet af Tyskland, er Aarsagen hertil for en stor Del at søge i den overordentlig nøje Samvirken, som i sidstnævnte Land har fundet Sted mellem Teknik og Videnskab. De tyske Fabrikker har paa videnskabelige Undersøgelser og Forsøg med ny Metoder ofret Summer, som vilde forekomme engelske Fabrikanter ganske vanvittige. »Badische Anilin- und Sodafabrik« i Ludwigshafen, der nu har overvundet Vanskelighederne ved Indigofabrikationen, har saaledes aarlig anvendt henimod 100,000 Kr. alene til Anskaffelsen af Glas- og Por-

céllænsapparater o. desl. Til det kemiske Laboratorium ved Baeyer og Co.'s Fabrik i Elberfeldt er der knyttet et Bibliotek paa henimod 40,000 Bøger og Smaaskrifter. Naar der paa en saadan Fabrik opdages et nyt Farvestof, sendes det til Farveafdelingen, hvor en kemisk Specialist undersøger dets Forhold overfor Bomuld, Uld, Silke, Papir, Læder o. s. v.; falder en af disse Prøver heldigt ud, forsøges dets Fremstilling og Anvendelse efter en større, mere fabriksmæssig Maalestok, og derefter bestemmes det saa, om man skal arbejde videre paa Sagen. Disse Fabrikker er da ogsaa hele smaa Byer, bestaaende af en Mængde Fabriksbygninger og Undersøgelsesanstalter, der imidlertid alle hører sammen som de enkelte Dele af en levende Organisme.

Ogsaa paa andre Omraader er den tyske Industri ved at gaa frem paa denne Maade naaet frem i første Række, Ved at ændre Glassets Sammensætning paa mangfoldige Maader og undersøge de fremkomne Glassorters fysiske Egenskaber har man f. Eks. i Tyskland fremstillet Glassorter, der egnede sig særlig til Brug i Termometre eller andre videnskabelige Apparater, og derved bidraget til at skaffe Tyskland Førerskabet indenfor denne Industrigren.

De fleste af de Industrigrene, som knytter sig til Fremstillingen af Føde- og Drikkevarer, hører i større eller mindre Grad til den kemiske Industri; dette gælder f. Eks. om Bagningen og om Tilberedningen af gærede Drikke, hvilke Industrigrene kan føres tilbage til den ældste historiske Tid. Om Vintilvirkningens store Ælde hersker der vel næppe nogen Tvivl; men ogsaa Øllet synes at have været kendt allerede i det gamle Ægypten; i alt Fald fortæller den græske Historieskriver Herodot, at Ægypterne tilberedte en Drik af Byg. Derimod synes Fremstillingen af Brændevin, Likører og andre meget stærkt spritusholdige Drikke saa vel som af ren Spiritus at være en senere Opfindelse, som først i Middelalderen vandt almindelig Udbredelse.

Ved Druesaftens Gæring omdannes en Del af Druesukkeret under Indvirkning af mikroskopiske Smaavæsener, Gærsvampene, til Spiritus og Kulsyre. Ved Ølfabrikalionen omdannes først Kornets Stivelse til en Slags Sukker, hvoraf der atter ved Gæring dannes Spiritus eller Alkohol. Baade i Vinen og i Øllet er der langt mere Vand end Alkohol; men da Alkohol fordamper lettere end Vand, kan man udvinde den ved Destillation, idet den Vædske, som dannes ved Dampenes Fortætning, vil være rigere paa Alkohol, end den Del, der bliver tilbage i Kogekarret. Sandsynligvis har allerede de arabiske Kemikere kendt den Kunst saaledes at uddrage Vinens berusende Stof, »Spiritus vini« (»Vinaanden«), Efter at man havde opdaget, at ogsaa Øllet ved Destillation afgav en stærkt berusende Drik, laa det nær at prøve at fremstille denne Drik mere umiddelbart af Kornet, og saaledes er vel Brændevinsbrændingen opstaaet.

En Industri, som i vore Dage er af allerstørste Betydning, men som ikke kendtes i Evropa i Oldtiden, er Sukkerindustrien. Græ-

kerne og Romerne benyttede Honning i Stedet for Sukker, om end nogle Forfattere ogsaa omtaler »det søde Salt«, som i Indien udvandtes af en Plante. Denne Plante har rimeligvis været Sukkerrøret, hvis Hjem er i Asien. Gennem Araberne blev Sukkerrøret indført i flere Egne ved Middelhavet, og paa Korstogenes Tid stiftede Evropæerne nærmere Bekendtskab med Rørsukkeret. Efter Amerikas Opdagelse blev Sukkerrøret indført hertil, og fra den nye Verdens Sukkerplantager kunde Evropa senere hente saa store Mængder Sukker, at dette Stof, som vi nu anser for uundværligt, kunde vinde almindelig Indgang i Husholdningerne. I Midten af det 18. Aarhundrede viste den tyske Kemiker Margraf, at den i Evropa dyrkede Plante, Runkelroen, indeholdt rigelige Mængder af Sukker, og i 1799

Fig. 109. Et Sukkerkogeri 1 det 16. Aarhundrede.

oprettede Margrafs Elev Acliard den første Roesukkerfabrik i Slesien Nogle Aar senere frembragte Napoleons Fastlandsspærring, der bragte Prisen paa det amerikanske Sukker op til en halv Snes Kroner elier mere for et Kilogram, en kunstig og kortvarig Blomstring af Roesukkerfabrikationen; men denne Industri har først faaet fast Grund under Fødderne langt senere, efter at det ved Forædling af Roerne og Forbedring af Produktionsmetoderne var lykkedes at forøge Sukkerudbyttet stærkt. Ålene i det sidste halve Aarhundrede er den Sukkermængde, som kan vindes af et Tons Roer, vokset til henimod det dobbelte, medens man samtidig har lært at udnytte alle Biprodukterne næsten fuldstændigt til Fremstilling af Spiritus, Foderstoffer og Gødningsmidler.

Fra gammel Tid har man, som ovenfor omtalt, anvendt Tælle og

andre Fedtstoffer, der kun egnede sig daarligt til Menneskeføde, i Sæbefabrikationen: senere lavede man tillige Lys af Tællen, enten umiddelbart eller idet man. som det nu sker, først fremstillede Stearin af Tællen. Men da en stor Del af Tællens Bestanddele i Virkeligheden har stor Næringsværdi, laa den Tanke nær at uddrage dem og bringe dem i en mere tiltalende Form, saa at Tællens Fedtstof kunde erstatte det dyre Smør.

Det var ud fra saadanne Betragtninger, at den franske Regering under Napoleon III formaaede Kemikeren Mouriés til at forsøge at gøre de Fedtstoffer, som skulde nydes af den franske Marine, mere smagelige, og disse Forsøg førte til Fabrikationen af Kunstmør, eller — som det i Danmark altid skal kaldes i Handelen — Margarine. Dets Sammensætning er omtrent den samme som Natursmørrets, og i Smag staar det ikke langt tilbage for godt Smør og langt over meget af det Smør, der eksisterede ved Margarinens Fremkomst og endnu eksisterer paa sine Steder i Norge. I Danmark forsvandt dette tarvelige Smør hurtigt, idet Mælken derefter næsten udelukkende var henvist til at søge den fine Behandling, som den ene faar paa Nutidens Fællesmejerier.

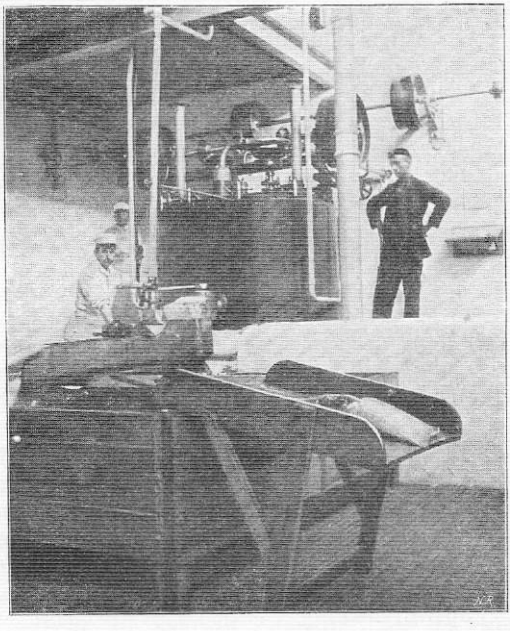


Fig. 110. Fra en Margarinefabrik. Margarinen udkrystalliserer.

Kunstsmørrels Hovedbestanddel er naturligvis Fedtstoffer, navnlig Oleomargarin, Svinefedt og Planteolie; den første er mellem 25 og 30° udpresset i flydende Tilstand af "Tælle, medens Stearinen bliver tilbage som fast og haard; men alle disse Raaprodukter er fuldstændig smagløse. De er nemlig ved Pasteurisering og andre Renselsesmidler befriet for de Syrer m. m., der giver hver enkelt Fedtart dens ejendommelige Lugt og Smag. Paa Fabrikken foretager man nu først en Blanding af de nævnte nevtrale Fedtstoffer saaledes, at det færdige Produkt faar en lignende Konsistens og Smidighed som Natursmørret, idet der dog samtidig tages noget

Hensyn til Aarstidens Varmegrad. Blandingen smeltes i en stor Kedel, hvorfra det strømmer ind i »Kærnen«, et Kar, hvori en Omrører fuldender Sammenblandingen, og her tilsættes tillige Mælk, som i Forvejen er bievet behandlet paa lignende Maade som Fløden i et Mejeri, idet den nemlig først er pasteuriseret, hvorved alle uvedkommende Organismer er dræbte, og dernæst syrnet, det vil sige, at der er dyrket netop de samme Syrekulturer i denne, som dyrkes i fin Naturfløde paa Mejeriet, og som giver Natursmørret dets ejendommelige Smag. Mælken tilfører saaledes de smagløse Fedtstoffer den rette Smag, samtidig med at den forsyner Produktet med lidt Ostestof, der ogsaa hører til i Natursmørret.

Efter nogen Tids Omrøring ledes den lunkne, kremlignende Masse ud gennem en aaben Rende, hvor den straks mødes af en isafkølet Vandstraale. Derved »krystalliserer« den, det vil sige: Margarinen udskiller sig fra Vandet. I det store Kar, hvori de udløber, svømmer saa Margarinen ovenpaa Vandet; den tages op, ældtes og saltes. Paa denne Maade forvandles i vore Dage umaadelige Masser af temmelig uspiselige Fedtstoffer til sund, ren og velsmagende menneskelig Føde.

Ved Tilvirkning af Kunstsmør benytter man kun de nærende Bestanddele, som forud er til Stede i Raastotferne; en virkelig kunstig Fremstilling af Næringsstoffer vilde man kun kunne kalde det, dersom det var Træ, Stenkul elier andre fuldstændig ufordøjelige Stoffer, som var gjort spiselige ved kemiske Omdannelser. I Virkeligheden formaar Nutidens Kemi ikke saa helt lidt i denne Retning.

Af Træ kan man saaledes udvinde Sukker, Spiritus og Eddike m. m. Ved at ophede Træ i lukkede Retorter faar man foruden Trækul og Gas en Slags Tjære samt en vandagtig Vædske ligesom ved tør Destillation af Stenkul; denne Vædske indeholder blandt andet Eddikesyre, som man nu er i Stand til at rense saa fuldstændigt, at den kan bruges som Madeddike og konkurrere med den Eddike, som tilberedes af Brændevin, Vin eller andre spiritusholdige Drikke. — Ved at koge Træ med Natronlud kan man faa Cellulose deraf (se S. 123), og denne kan ved Behandling med Svovlsyre omdannes til Sukker, hvoraf man alter, om det ønskes, kan fremstille Spiritus. Nogen praktisk Betydning har dette dog ikke. Derimod bliver der for Alvor forsøgt paa at anvende Tørv som Raamateriale for Sprittilvirkning.

Kemikerne er imidlertid ogsaa i Stand til at fremstille adskillige Næringsstoffer rent »syntetisk«, d. v. s. at danne dem af Grundstofferne Kulstof, Ilt og Brint eller af saadanne Forbindelser af disse Stoffer, som forekommer i den livløse Verden. For ganske nylig skal det være lykkedes en Kemiker Walther i St. Petersborg at fremstille Sukker blot ved paa særlig Maade at sende en elektrisk Strøm gennem Vand, hvori der var opløst Kulsyre, og i hvert Fald kan man paa forskellige andre Maader danne Sukker syntetisk. Den

bekendte franske Kemiker Berthelot. har syntetisk fremstillet tiere Slags Fedtstoffer, blandt disse var der vistnok ikke noget af dem, vi spiser, men der vilde næppe være noget til Hinder for ogsaa at faa dem frem.

Nutidens Kemi formaar altsaa virkelig - o m e n d efter en ringe Maalestok — ligesom Planterne at danne Næringsstoffer af Luft og Vand og Jord; men vi maa ikke glemme, at der til Fremstillingen af Næringsstofferne, som jo skal udvikle Varme og Arbejdskraft i Legemet, i hvert Fald maa forbruges Energi, hvad enten man vil hente den direkte fra Solens Straaler som Planterne (se S. 28), fra den hengemte Solkraft i Stenkullet, fra Vinden eller fra Vandløbene. Bruger man ved den syntetiske Dannelse af Næringsstoffer Stenkullet som Kraftkilde og Raastof, hvad der i Reglen er det letteste, har vi jo desuden gennem dette draget Nytte af den Virksomhed, der var udfoldet i Fortidens Planteverden.

At den syntetiske Dannelse af Næringsstoffer en Gang i Fremtiden vil kunne faa stor Betydning, er ikke usandsynligt; vi har jo set, at mange af Planternes Farvestofter allerede er blevet fortrængte af de kunstigt dannede. Men ved de fleste syntetiske Fremstiliingsmaader kan man kun gennem et meget besværligt og omstændeligt Arbejde opnaa at faa en ringe Mængde af et Næringsstof; praktisk Betydning har endnu ingen af dem faaet. Foreløbig er der mange andre og mere nærliggende Veje, ad hvilke Kemien kan hjælpe til at forøge den Mængde Næringsstoffer, Jorden kan yde.

Mange baade nære og fjærne Maal vil utvivlsomt blive naaet ved Hjælp af E l e k t r o k e m i e n , hvis Betydning for den kemiske Industri vokser Aar for Aar.

Naar en elektrisk Strøm ledes gennem en Opløsning af en Metalforbindelse, vil denne blive adskilt i sine Bestanddele, af hvilke Metallet føres med Strømmen, medens det øvrige vandrer i modsat Retning af denne; man siger, at der foregaar en E l e k t r o l y s e af Opløsningen. Man kan underkaste en Vædske Elektrolyse ved at anbringe to Metalplader i det Kar, der indeholder Vædsken, og lade Strømmen gaa fra den ene Plade til den anden; den første af disse Plader — altsaa den, fra hvilken Elektriciteten træder ud i Vædsken — kaldes A n o d e n , den anden K a t o d e n . Hvis Vædsken f. Eks. er en Opløsning af det blaa Kobbervitriol, der bestaar af Kobber, Svovl og Ilt, vil der ved Strømmens Virkning udskille sig Kobber paa Katoden, medens Svovl og Ilt gaar til Anoden, hvor de efter Omstændighederne fremkalder forskellige kemiske Virkninger. Hvis Anoden er af Kobber, vil Svovlet og Ilten forene sig med noget af Kobberet til Kobbervitriol, som opløser sig i Vædsken som Erstatning for det, Strømmen havde adskilt; Vædsken vil da blive ved at være lige rig paa Kobbervitriol, og Resultatet bliver blot, at der under Elektrolysen stadig føres Kobber fra Anoden til Katoden.

I 1837 foreslog Jacobi (S. 40), at man skulde benytte Elektrolysen i Teknikken. Han havde iagttaget, at det Metal, som ud-

skiltes paa Katoden, i mange Tilfælde dannede et sammenhængende Hele, som kunde skilles fra den og i saa Fald gengav dens Form fuldstændig nøjagtigt, og han fandt, at man paa denne Maade kunde faa fine Kobberaftryk af Mønter, Medailler, Basrelieffer o. s. v. Rigtignok var disse Aflryk »negative« eller omvendte, idet en Fordybning paa Aftrykket svarede til en Forhøjning paa Genstanden. Men man kan ogsaa faa »positive« Gengivelser af en Genstand. Er det f. Eks. et Basrelief, der skal gengives i Kobber, tager man først et (negativt) Aftryk af det i Voks, Gips eller Guttaperka; dette Aftryk, der kaldes Matricen, gør man ledende for Elektriciteten paa Overfladen ved at overstryge det med fint Grafitpulver, og det kan derefter bruges som Katode i en Opløsning af Kobbervitriol; naar Strømmen ledes gennem Opløsningen (Badet), afsætter Kobberet sig paa Matricen og danner en Kopi af Basrelieffet.

Vi vil senere faa Lejlighed til at omtale andre Anvendelser af denne Fremgangsmaade, der kaldes Galvanoplastik. Beslægtet med Galvanoplastikken er Galvanostegien eller Galvaniseringen, ved hvilken man lader den elektriske Strøm overtrække en Metalgenstand med et tyndt Lag af et andet Metal. I en Opløsning af dette Metal gøres Genstanden til Katode, og naar dens Overflade er fuldkommen ren, kan man opnaa, at det Metal, der udfældes paa den, sætter sig meget fast. Paa denne Maade forsølver og forgylder man Genstande af uædelt Metal; i nyere Tid er endvidere »galvanisk« Fornikling af Jærngenstande særlig ved Indførelsen af Cyklen, blevet en vigtig Industri. — Fig. 111 viser et Forsølvningsbad, hvor Anoden er et Sølvrør, fra hvilket Strømmen fører Sølv ud til Skeer, der er ophængte paa en Ring; for at Sølvet kan blive jævnt fordelt paa dem, maa de vendes af og til.

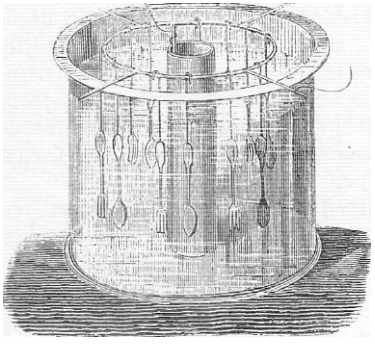


Fig. 111. Et Forsølvningsbad.

Ved Galvanoplastikken og Galvanostegien skal den elektriske Strøm blot udføre det Arbejde at flytte noget Metal fra Anoden til Katoden, og da hertil kun kræves forholdsvis lidt Arbejdskraft, kunde disse Virksomheder godt trivas, den Gang da man var henvist til at tage Strømmen fra galvaniske Elementer, Ved den egentlige Elektrokemi, hvor Formaalet er at faa dannet eller opløst visse kemiske Forbindelser, skal der derimod i mange Tilfælde forbruges en betydelig Arbejdskraft, og blandt andet af denne Grund er det først i den nyeste Tid, efter at man har faaet en rigeligere Elektricitetskilde i Dynamoen, at Elektrokemien er blevet et vigtigt Led af den kemiske Industri.

En vigtig Gruppe af elektrokemiske Virksomheder dannes af den elektriske Metallurgi, ved hvilken Metallerne udvindes af deres Malme ved Elektricitetens Hjælp. Blandt andet anvendes denne Fremgangsmaade overfor Kobberet. I Begyndelsen indskrænkede man sig til at vinde rent Kobber af urent »Sortkobber«; det sidste benyttes som Anode i en Kobberopløsning, og under Elektrolysen sætter der sig da rent Kobber paa Katoden. Men ogsaa af visse Kobbermalme faar man nu Kobber ved at behandle dem med et Opløsningsmiddel, som derefter underkastes Elektrolyse. Lignende Fremgangsmaader anvendes overfor andre Metaller; navnlig benyttes Elektrolyse efter en stor Maalestok, ved Guldudvinding i Transwaal.

Ved nogle Metaller anvender man »tør Elektrolyse«, idet Metalforbindelsen ikke opløses i en Vædske, men smeltes ved Varmen. Denne Fremgangsmaade anvendtes først af Davy (S. 38), der fremstillede Kalium og Natrium ved Elektrolyse af smeltet Kali og Natron. Naar man i vore Dage vil anvende tør Elektrolyse i Industrien lader man i Reglen den elektriske Strøm selv frembringe den til Smeltningen fornødne Varme i den elektriske Smelteovn, som er et af de kraftigste Hjælpemidler, Nutidens Kemi har til sin Raadighed. Fig. 112 viser en saadan Ovn, hvor det Stof, som skal paavirkes, anbringes mellem to Kulstænger; naar en kraftig Strøm sendes fra den ene af disse

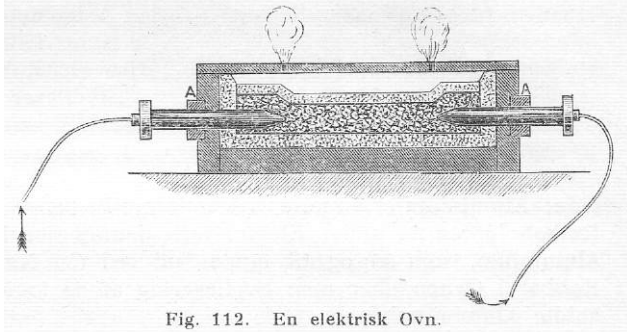


Fig. 112. En elektrisk Ovn.

Stænger til den anden, opstaar der mellem dem en højere Varmegrad, end man kan frembringe paa nogen anden Maade, og næsten alle Stoffer kan her bringes til at smelte; Ovnen maa naturligvis være af meget ildfast Materiale. Den franske Kemiker Moissan har i den elektriske Ovn arbejdet med en Spænding af 80 Volt og en Strømstyrke af 2000 Ampere, saaledes at der i det snævre Rum mellem de to Kulstykker udfoldedes en Virksomhed af et Par hundrede Hestekræfter. Foruden mange andre Stoffer har Moissan ved Hjælp af sin Ovn blandt andet fremstillet kunstige Diamanter, der rigtignok er saa smaa, at det ikke har praktisk Betydning.

I den elektriske Metallurgi anvendes Smelteovnen navnlig til Fremstilling af Aluminium. Det sølvhvide, lette Metal er det mest udbredte af alle Metaller og udgør blandt andet en væsentlig Bestanddel af Ler, og da det ved Midten af det 19. Aarhundrede lykkedes den franske Kemiker Deville at fremstille betydelige Mængder

af det, knyttede mange de allerstørste Forventninger til dets Fremtid; men dets Udvinding var saa besværlig og kostbar, at der allerede af denne Grund ikke kunde være Tale om en udstrakt Anvendelse af det ny Metal. Endnu for en Snes Aar siden kostede et Kilogram Aluminium mellem 50 og 100 Kr. Men nu, da man udvinder det i elektriske Ovne, der faar Arbejdskraft fra Vandløb, er Prisen paa et Kilogram gaaet ned til et Par Kroner, og den aarlige Produktion beløber sig til flere Millioner Kg. Paa Grund af sin ringe Vægt bruges Aluminium i mange Instrumenter, i Ballonstel m. m. I den nyeste Tid har man desuden enkelte Steder i Amerika benyttet det til elektriske Kraftledninger i Stedet for Kobber. Fig. 113 viser en Aluminiumssmelteovn. Strømmen gaar fra Kulpladerne *B* gennem den smeltede Aluminiumforbindelse (Aluminiumilte eller »Lerjord«) *K* til Kulbeholderen *A;* under Elektrolysen dannes der i Bunden af Ovnen Aluminium, som af og til tappes ud ved C. Naar man anbringer Kobber i Ovnen, faar man en Legering af de to Metaller, den saakaldte Aluminiumbronce.

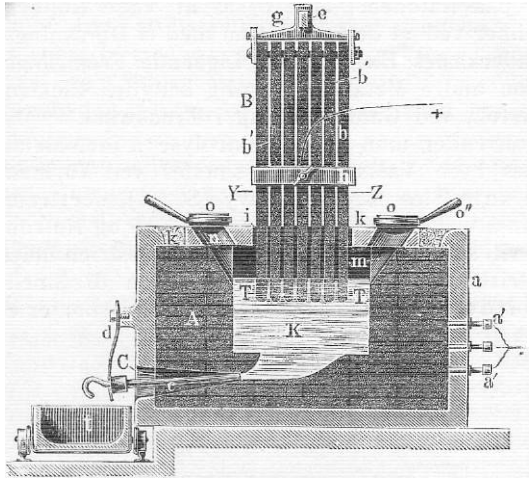


Fig. 113 Elektrisk Aluminiumsovn.

Af elektrokemiske Virksomheder udenfor Metallurgien er de vigtigste den elektrolytiske Sodafabrikation (og hvad dermed staar i Forbindelse) og Fabrikationen af Kalciumkarbid.

Ved at sende den elektriske Strøm gennem en Opløsning af Kogsalt, faar man dette adskilt i Klor og i Natrium, som straks med Vandet i Opløsningen danner Brint og Natron; af det sidste kan man ved Tilledning af Kulsyre let faa Soda, om det ønskes, medens Kloret kan bruges til Fremstilling af Klorkalk. Paa denne Maade fremstilles Soda og Klorkalk langt mere direkte end ved Leblancs Metode, og den elektrolytiske Sodafabrikation lægger allerede Beslag paa en Vandkraft af mange tusind Hestekræfter, skønt den kun er faa Aar gammel. Potaske fremstilles paa samme Maade af Klorkalium.

Ved at ophede Kalk og Kul sammen i den elektriske Ovn fremstillede Moissan i 1894 et Stof Kalciumkarbid, der er en Forbindelse af Kulstof med et Metal Kalcium, som indeholdes i Kalken. Omtrent samtidig havde amerikanske Kemikere faaet det samme Stof frem

som Affaldsstof ved et Forsøg, og da de kom noget af det i Vand, opdagede de til deres store Forbavselse, at der udviklede sig store Luftbobler, som kunde tændes og da brændte med en stærkt lysende Flamme. Den brændbare Luft viste sig at være Acetylen, en Forbindelse af Kul og Brint. Amerikanerne indsaa hurtigt, at deres Opdagelse maatte kunne faa Betydning i Praksis; et Stof, der blot ved at bringes i Berøring med Vand kunde udvikle Lysgas, vilde aabenbart være værdifuldt ved mange Lejligheder, og man tog straks fat paa den tekniske Fremstilling af Kalciumkarbidet.

Raastofferne Kalk og Kul var billige nok, men Fremstillingen kunde kun betale sig, naar den elektriske Strøm til Smelteovnen kunde frembringes ved meget billig Arbejdskraft. Her var altsaa et nyt Virkefeldt for Vandkraften, og i Løbet af faa Aar voksede der Karbidværker paa mange tusind Hestekræfter frem rundt om i Amerika og Evropa, blandt andet ogsaa i Norge og Sverige. Fra Karbidværkerne sendes Karbidet saa til andre Steder, hvor man ved Indvirkning afVand fremstiller Acetylen deraf i »Gasværker«, der kan være saa smaa, at de kan anbringes i Forbindelse med en Haandlygte.

En bestemt Mængde Acetylen vil ved at brænde udvikle mere Varme og altsaa indeholde mere Energi end det Kul, der er brugt til Fremstilling af Karbidet. Den Energi, som findes i Acetylenet (eller Karbidet) er altsaa delvis — men ogsaa kun delvis — tilført det fra selve den Vandkraft, som brugtes til Fremstillingen. Kraften fra Norges Elve kan saaledes, opsamlet i Karbidet, føres til andre Lande og her frembringe Lys eller, hvis Acetylenet anvendes til Motordrift — hvad der dog er sjældent udføre Arbejde.

Karbid kan naturligvis ogsaa fremstilles ved Hjælp af Vindkraft og blev fremstillet paa Forsøgsmøllen straks efter dets Fremkomst; men da Nyttevirkningen er for lille, naar man ikke har store Mængder af Arbejdskraft til Raadighed (mindst 300 Hk.), maa man hellere anvende Vindkraften til andre elektrokemiske Arbejder, hvor Nyttevirkningen er den samme for store og smaa Kræfter, f. Eks. til at adskille Vandet i Ilt og Brint som omtalt S. 61.

Skønt Luften i Reglen ikke leder den elektriske Strøm, kan Elektriciteten dog under forskellige Omstændigheder gaa gennem Luften, dels ved den elektriske Gnist eller den elektriske Lysbue, dels paa mere rolig Maade ved den saakaldte stille Udladning. I alle disse Tilfælde kan Elektriciteten frembringe kemiske Virkninger i Luften, og disse Virkninger er man nu ogsaa begyndt at udnytte.

Ved Elektricitetens Gennemgang gennem atmosfærisk Luft omdannes en Del af dennes Ilt saaledes, at den faar andre Egenskaber og navnlig bliver mere kraftigt virkende; den kaldes da Ozon. I Teknikken fremstiller man nu ved en stille Udladning, fremkaldt ved højt spændte Vekselstrømme, Ozon, som blandt andet benyttes til Blegning af Garn, til Rensning af forskellige Stoffer m. m.

Under Indvirkning af en elektrisk Gnist eller en elektrisk Lysbue

forener en Del af Luftens Ilt og Kvælstof sig med hinanden til en Forbindelse, som ved Luft og Fugtighed gaar over til Salpetersyre. I en elektrokemisk Fabrik ved Niagara benytter man dette Forhold til Fabrikation af Salpetersyre; Kvælstoffets og Iltens Forening fremkaldes inde i en Metalcylinder, hvor 138 elektriske Lysbner tændes og slukkes hver 3000 Gange i Minuttet. Ved at bringe Salpetersyren i Berøring med Kali eller Natron (som rimeligvis ogsaa er fremstillet ad elektrisk Vej), faar man Kali- eller Natronsalpeter.

Skønt denne Fabrikation af Salpeter i Øjeblikket kun har ringe praktisk Betydning, da der vilde medgaa en eller maaske flere Millioner Hestekræfter til paa denne Maade at frembringe saa meget Salpeter, som nu bruges, har den dog stor Interesse, fordi den viser en Vej, ad hvilken man af Luften kan vinde Salpeter og dermed Kvælstofgødning til Markerne, dersom de sydamerikanske Forraad af Salpeter skulde blive udtømte; med det nuværende aarlige Forbrug vil Forraadene maaske kun strække til i nogle faa Aartier.

I Tyskland har man ad andre Veje arbejdet mod det samme. Maal. Ved den internationale Kongres for anvendt Kemi i Sommeren 1903 gav Dr. Frank en Meddelelse om Forsøg, hvorved det er lykkedes at faa Kalciumkarbid til at binde Luftens Kvælstof saaledes, at man ad denne Vej er i Stand til at tilføre Agerjorden de Kvælstofforbindelser, den behøver.

Det bliver saaledes i Fremtiden maaske Nedbøren, der ikke alene skal vande Markerne, men ogsaa skaffe Gødning til dem; thi Kalciumkarbid fremstilles jo væsentlig ved de store Vandfald, der stammer fra Nedbør; og den amerikanske Fremstilling at Salpeter af Luften foregaar jo ligeledes ved Vandkraft.

VI. NOGLE MEKANISKE INDUSTRIGRENE.

Formning af Lervarer. — Glassets Behandling. — Eksempler paa Jærnindustriens Metoder. — Papirtilvirkningen.

Bjærgværksdriften skaffer os de værdifulde Sloffer, Jorden gemmer i sit Indre; gennem Landbrug og Skovbrug indvinder vi de Stoffer, Naturen med eller uden vor Hjælp frembringer ved Jordens Overflade; ved den kemiske Industri frembringer vi nye Stoffer ved Sønderdeling eller Sammensætning af Raastofferne; og endelig former den mekaniske Industri Raastoffer og kemiske Produkter til utallige forskellige Brugsgenstande, idet den herunder i vidt Omfang benytter Kraft- og Arbejdsmaskiner. De herved anvendte Fremgangsmaader varierer i det uendelige baade efter Formen af de Genstande, som skal fremstilles, og efter Naturen af det Stof, der skal bear-

bejdes, og det vilde føre os altfor vidt at nævne blot de vigtigste af disse Fremgangsmaader; her skal kun fremdrages enkelte Eksempler, som staar i Forbindelse med betydningsfulde Fremskridt, eller som kan tjene til at belyse Fremskridtets Veje; men desuden har jo de fleste af de Opfindelser, som har været omtalt i det foregaaende, bidraget til den mekaniske Industris Udvikling.

Mange Industrigrene, (f. Eks. Lervareindustrien) er saaledes sammensatte af kemiske og mekaniske Virksomheder, at man hverken kan henregne dem særlig til den kemiske eller mekaniske Industri, men i det følgende vil vi væsentlig holde os til den mekaniske Side af Sagen — Stoffets Formning.

De ældste Koge-, Drikke- og Opbevaringskar, Menneskene benyttede sig af, var sikkert hovedsagelig formede af Naturen ligesom de Kar, der endnu i vore Dage bruges af mange uciviliserede Folkeslag : Muslingskaller og Skaller af Kokosnødder, udhulede Græskar (Kalabasser), Horn o. s. v. Men i Leret fandt man tidligt et Materiale, der var som skabt til Forfærdigelsen af Kar; det kunde i fugtig Tilstand antage enhver Form, man ønskede at give det, og denne Form kunde derefter fæstnes ved Ildens Indvirkning; til Formningen krævedes ingen andre Redskaber end Hænderne, og med Øvelse var det muligt uden andre Hjælpemidler at fremstille mange forskellige Kar; endnu for faa Aartier siden forfærdigedes i Jylland store Mængder af »Jydepotter« paa denne Maade. Allerede i det gamle Ægypten havde man dog indført Drejeskiven, der lige op til vore Dage har været Pottemagerkunstens vigtigste Redskab. Fig. 114 viser Arbejdet ved de saakaldte Sparkeskiver; med Foden kan Arbejderen efter Behag dreje eller standse den store Skive c og dermed samtidig den egentlige Pottemagerskive *d,* paa hvilken det Ler. der skal formes, er anbragt, og ved Hjælp af Hænderne kan han saa give Leret, hvad Form han vil, naar der da kun er tale om almindelige, grove Former. Større Nøjagtighed kan opnaas ved Brugen af Maalestok eller af Skabeloner, hvis Linier angiver Formen af et Højdesnit af Lerkrukken.

Fig. 114. Arbejderrne ved Drejeskiven,

I den finere Lervareindustri (Fajance-, Porcellænsindustrien m. m.) anvendes andre Midler. Fig. 115 viser f. Eks., hvorledes en Tallerken formes; over en paa Drejeskiven anbragt Form, som svarer til

Tallerkenens Inderside, men vender opad, udbredes et Lag Ler; under Omdrejningen vil saa en fast Skabelon give Tallerkenen den rette Tykkelse og forme dens opadvendte Yderside. Ogsaa en Slags Støbning anvendes undertiden, f. Eks. til Fremstilling af ganske tynde Porcellænskopper; en tynd Lervælling hældes da ud i en Gibsform, og idet det porøse Gibs indsuger Vandet, sætter der sig et tyndt Lag Ler paa Indersiden af Formen.

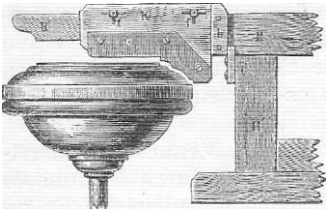


Fig. 115. Form til Tallerkener.

Medens Leret snarest havde endnu større Betydning i Oldtiden end i vore Dage, har Glasset først i Løbet af de sidste Aarhundreder faaet den udstrakte Anvendelse og vide Udbredelse, i Kraft af hvilken vi nu regner det for et af de allervigtigste og uundværligste Stoffer. Ganske vist stod Glasindustrien i Oldtiden i mange Henseender paa et ret højt Standpunkt, og Romerne anvendte ikke blot Drikkekar af Glas, men ogsaa — som Udgravningerne i Pompeji har godtgjort — Glasruder. Men navnlig denne sidste Anvendelse af Glasset var dog en Luksus, som kun de velhavende kunde tillade sig, og efter at Romerrigets Kultur var gaaet til Grunde, indskrænkedes Brugen af Glasruder væsentlig til Kirkebygninger. I Norden vandt Glasruderne først almindelig Udbredelse hos Byernes Borgere i Løbet af det 16. Aarh.; tidligere havde man i Byen som paa Landet i Reglen nøjedes med Ruder af Horn, Papir eller dyriske Hinder, der vel var gennemskinnelige, men ikke gennemsigtige, eller man lukkede blot for Vinduesaabningen med en Træluge, saa at Lys og Luft maatte lukkes ind eller stænges ude samtidig. Ved Indførelsen af Glasruder købtes den rigeligere og stadigere Adgang til Lys forøvrigt ofte paa Luftens Bekostning; thi Vinduer med de kostbare Glas turde man ikke godt indrette til at lukke op og i. — Flasker kendte man paa den Tid ikke son; almindelig Brugsgenstand, Flasker med Korkprop maaske slet ikke; flydende Varer maatte derfor altid opbevares i Tønder og Ankre eller ogsaa købes i aabne Kander og Krus i den nærmeste Bod til øjeblikkeligt Brug.

I den første Tid efter Glassets Opfindelse har man sandsynligvis indskrænket sig til at støbe det eller presse det i halvsmeltet Tilstand i de Former, man ønskede; men længe før vor Tidsregnings Begyndelse havde man dog — sandsynligvis i Ægypten — opfundet Glaspusterkunsten, der fremfor alt giver Glasindustrien dens ejendommelige Præg. Hvad der her kan udrettes af øvede Arbejdere blot ved Hjælp af Glaspusterpiben og nogle andre simple Redskaber som Tænger, Sakse og Jærnstænger, synes næsten at grænse til det utrolige.

Fig. 116 giver en Forestilling om en af de Fremgangsmaader, ved hvilke Glaspusteren kan forme et Glas med Fod. Først udtager

han af Diglen med den smeltede Glasmasse en passende Mængde Glas; dette sker ved Hjælp af »Piben«, et Jærnrør, der er lid[tykkere ved den Ende, til hvilken Glasset skal hæfte sig, og ved den anden Ende ofte forsynet med et Træhylster til Beskyttelse for Hænderne og Munden mod Varmen. Den bløde, halvsmeltede Glasmasse, som hænger ved Piben, antager Kugleformen, idet Arbejderen drejer den rundt i en Fordybning i en Træklods; naar der nu blæses Luft ind gennem Piben, forlænges og udvides Glasklumpen, og holdes den mod et plant Underlag, antager den Formen G. Til den dannede plane Bund fæster en Medhjælper derefter en lille Glasklump a, og ved at klemme denne med en Tang under Omdrejning af Piben, former Arbejderen heraf Glassets Stilk b. Imidlertid puster Medhjælperen en lille Glaskugle, som han fæster paa Enden af Stilken; Kuglen sprænges løs fra Hjælperens Pibe og udvides lidt med en Tang som vist i F, og endelig folder den sig ud til en plan Flade

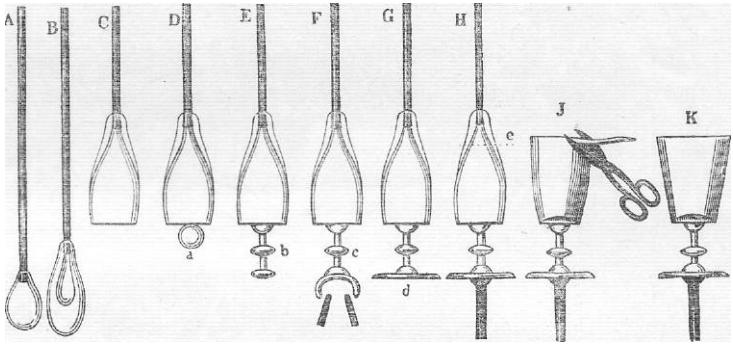


Fig. 116. Formning af et Glas.

— Glassets Fod d, — idet den Pibe, som bærer Glasset, drejes hurtig rundt i vandret Stilling. Dernæst fæstes til Midten af Foden et Hæftejærn, med hvilket Glasset kan fastholdes, naar Piben sprænges af; dette kan ske derved, at Arbejderen fører et glødende Jærn rundt om Glasset langs den punkterede Linie e og lader en Vanddraabe falde et Sted paa den opvarmede Kreds. Den dannede Rand opvarmes nu, Aabning'en udvides, Randen klippes til med en Saks, og Glasset rettes ud til sin endelige Form.

Rudeglas blev vistnok i Oldtiden altid støbt; men senere fandt man paa at fremstille det ved Pustning, og denne Fremgangsmaade er efterhaanden drevet til stor Fuldkommenhed, saa at det nu er muligt ad denne Vej at tilvejebringe Glasplader af mere end en Kvadratmeters Fladeindhold.

I vore Dage udføres Arbejdet omtrent paa følgende Maade. Efter at Glaspusteren har samlet den fornødne Mængde Glas paa Piben, bringer lian det ved Pustning, Svingning og Drejning i Lut-

ten til at antage Form af en stor hul Cylinder, der foroven er forbundet med Piben, forneden lukket med en rund Bund; da Piben og Glasmassen tilsammen er meget længere end Arbejderen, maa han for at kunne svinge dem, enten staa paa en Forhøjning eller paa et Brædt over en Grube i Gulvet; under Arbejdet maa han flere Gange varme Glasset i Ovnen. Naar Cylinderen er pustet færdig, skal Bunden aabnes; dette kan blandt andet udføres derved, at Arbejderen blæser stærkt ind i Piben, lukker for dens Munding og holder Bunden ind i Ovnmundingen; idet Varmen samtidig udvider den indespærrede Luft og blødgør Bunden, gaar der Hul paa denne. Ved hurtig Omdrejning af Piben udvides Hullet, saa at ogsaa den nederste Del af Glasset bliver cylindrisk; derefter sprænges

Fig. 117. Arbejde i en Glashytte.

Piben og den øverste Del af Glasset af, saa at man kun har tilbage en i begge Ender aaben Glascylinder. Ved en varm Jærnlineal og en Draabe Vand sprænges Cylinderen op paa langs, og naar den derefter opvarmes, saa at den bliver bøjelig, kan den strækkes ud til en plan Glasplade.

Der er naturligvis en Grænse for, hvor store Glasmasser en Glaspuster kan haandtere, og de store Butiksruder kan derfor ikke fremstilles ved Pustning. De støbes, idet smeltet Glas hældes ud paa en Jærnplade med Kanter, hvis Højde bestemmer Glaspladens Tykkelse; ved en Jærnvalse, som rulles henover Glasset, udjævnes dets Overflade; eller Støbningen maa Glaspladen slibes paa begge Sider, da Overfladerne er ru. Det saaledes støbte og slebne »Spejlglas« anvendes tillige til Spejle og i den nyere Tid ogsaa meget til

Vinduesruder, som i og for sig ikke er for store til at fremstilles ved Pustning.

Mange Glassager — f. Eks. Prismer, Saltkar, Asietter m. m. — fremstilles derved, at Glasset presses ud i bestemte Former. Andre Genstande fremstilles vel af Glaspusteren, men saaledes, at hans Arbejde væsentlig er indskrænket til at blæse Glasset ud mod Væggene af Hulforme af Træ eller Metal; Flasker blæses f. Eks. paa denne Maade; medens man tidligere nøjedes med at forme Flaskens cylindriske Del ved Pustning i en hul Trækylinder, har man nu fuldstændige Flaskeforme, der er todelte og kan lukkes op, medens Glasset indføres.

I den nyeste Tid har man endogsaa forsøgt ved visse Glassager at anvende kunstig Pustning og saaledes overflødiggøre Glaspusteren og hans Pibe. Breder man et Lag halvsmeltet Glas ud over en Plade af fugtig Asbest og trykker en Ring eller firkantet Ramme ned i Glasset, vil det Glas, der er indenfor Rammen, blæses tilvejrs af de Dampe, der ved Glassets Varme udvikles fra Asbesten; idet Glasset paa denne Maade pustes op i forskellige Forme, kan man faa runde Glasbægere, firkantede Glaskar m. m. Man kan ogsaa vende Asbestpladen med den paatrykte Ring om, saa at Glasset vender nedad, og Tyngdekraften bidrager til at **Udvide** det. Endvidere kan Asbestpladen erstattes af en gennemhullet Jærnplade, gennem hvis Huller der presses Luft ind ved en Luftpumpe. Siewert i Tyskland har ved saadan kunstig Pustning blandt andet fremstillet Akkumulatorkar og forskellige meget store Glasbeholdere, f. Eks. Badekar, som ikke vilde kunne pustes med Pibe.

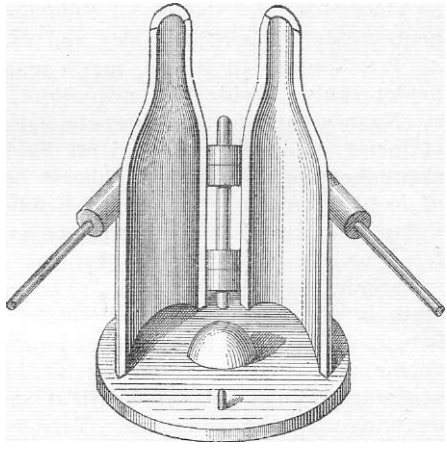


Fig. 118. En Flaskeform.

Der er saaledes paa forskellige Omraader en vis Tilbøjelighed til at anvende Fremgangsmaader, ved hvilke Glaspusteren enten helt kan undværes, eller der i alt Fald stilles ringere Krav til hans Snildhed, Behændighed og Udholdenhed; men Glaspusterkunsten vil sikkert aldrig blive overflødig, thi ved den kan det varme, bløde Glas tvinges til at antage Former, som ikke kan naas ad nogen anden Vej. Blandt andet er en dygtig Glaspuster uundværlig ved Fremstillingen af mange fysiske og kemiske Apparater, der er sammensatte af Rør, Kugler m. m. og det er ikke nogen ringe Betyd-

ning, Glaspusterkunsten derigennem har haft og fremdeles har for de videnskabelige Fremskridt.

Jævnsides med Leret og Glasset maa nævnes de tre andre ikke mindre vigtige Materialier, Sten, Træ og Metaller. Skønt Sten er det vanskeligste af disse tre at bearbejde, var det dog i Stenens (Flintens) Behandling, at Menneskene først naaede en betydelig Dygtighed; men Grunden hertil var jo kun den, at Stenalderens Folk ikke kendte eller havde Adgang til Metallerne. Netop fordi disse kunde formes meget lettere og mere fuldkomment end Stenen, betegner deres Indførelse et af de betydeligste Kulturfremskridt. Hvad Træets Bearbejdelse angaar, regner vi den i vore Dage for temmelig let og i alt Fald langt mere for Hvermands Sag end Metallernes Behandling; men det er jo kun, fordi vi alle har let Adgang til skærende Metalinstrumenter, oven i Købet af det haarde og stærke Metal, Staalet. I Stenalderen var Træet et meget utaknemligt Stof at arbejde i, og ved saadanne Arbejder som Udhuling af Træstammer til Baade, matte man tage Ilden til Hjælp, naar Arbejdet skulde skride blot nogenlunde hurtigt frem.

Naar vi ovenfor fremhævede, at Metallerne var forholdsvis lette at forme, saa gælder dette i alt Fald om de første Metaller, Menneskene benyttede, nemlig Kobberet og Broncerne, der er Legeringer af Kobber og Tin eller Zink. Kobberet kunde i kold Tiistand udhamres til mange forskellige Former, og Broncen kunde endnu lettere, nemlig ved Støbning, bringes i den ønskede Form. Ganske anderledes besværligt var det at bearbejde Jærn et, og selv efter at man havde lært at udsmelte dette Metal af Malmene, varede det længe, inden dets Anvendelse kunde blive meget almindelig. Fordelene ved Vaaben og Værktøj af Jærn eller Staal var imidlertid saa store, at del vel var Værd at sætte et stort Arbejde ind paa at overvinde Vanskelighederne. Talrige Beretninger i de nordiske Sagaer vidner om, at vore Forfædre regnede et godt Sværd for en kostelig Skat, og at de nærede den dybeste Beundring for den dygtige Smeds Snille; og dette er let forstaaeligt; thi i hin Tid, da man ikke drev Jærnudsmeltningen i det store under ensartede Forhold var det i Virkeligheden en stor Kunst at faa Jærn af de rette Egenskaber. Lettest fik man, som vi har set (S. 101). det bløde Smedejærn; om Cimbrerne, der ca. 100 Aar f. Kr. kæmpede mod Romerne nede i Italien, fortælles det, at deres Sværd var saa bløde, at de efler et Hug mod de romerske Hjælme maatte gaa tilbage og rette Sværdet ud ved at træde paa det. Men hvor man havde lært at fremstille det haarde Staal, kunde man meget let komme for langt til den anden Side og nærme sig for meget til Støbejærnet, saa at man fik skøre Sværd; ogsaa om disse skøre Sværd hører vi Tale i gamle Beretninger, f. Eks. i Sagnet om Uffe hin Spage, for hvem Sværdene sprang, naar han svingede dem i Luften, indtil han fik sin Faders gamle Sværd, Skræp. Staalsværdenes Godhed beroede dog ikke alene paa Materialets Beskaffenhed, men ogsaa

paa Hærdningen: allerede meget tidligt har de dygtigste Smede rimeligvis kendt den Kunst at hærde Staalet ved stærk Ophedning og paafølgende hurtig Afkøling og atter afliærde det mere eller mindre ved en ny ringere Opvarmning.

Det, der fremfor alt gav Smedens Arbejde dets Præg, hvad enten han lavede Sværd eller andre Genstande, var dog selve Smedningen. ved hvilken det glødende Jærnstykke hamredes ud i den rette Form, eller to glødende Jærnstykker svejsedes sammen ved Hammerslag; og dette er endnu i vore Dage Hovedsagen ved det grovere Smedebaandværk. I Tidernes Løb har man imidlertid opfundet talrige nye Metoder til Jærnets Behandling.

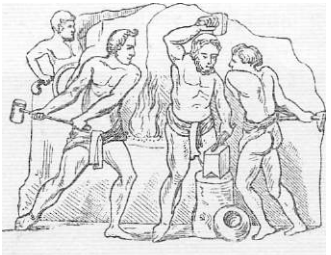


Fig. 119. Smedning i Oldtiden.

Den Fremgangsmaade, som grundigst og dybest adskiller sig fra Smedningen, er Jærnstøbningen, der først blev mulig, efter at man havde begyndt at fremstille Støbejærn (S. 102). Ved at smelte Jærnet og hælde det ud i Forme — som i Reglen dannes af lerholdigt Sand — kan man uden nogen Kraftanvendelse bringe Jærnet til at antage Former, som slet ikke eller kun med største Vanskelighed kunde naas ved Hammer og Ambolt. Men Anvendelsen af denne Metode begrænses stærkt ved Støbejærnets Skørhed. Forskellige Opfindelser har dog gjort det muligt at benytte Støbejærn til mange Genstande, af hvilke der kræves en ikke helt ringe Styrke. Naar man nedpakker færdigstøbte Genstande i Jærnilte og opheder dem, vil Ilten bortbrænde noget af det i Støbejærnet indeholdte Kulstof (S. 102), hvorved det forvandles til Staal eller Smedejærn til en større eller mindre Dybde, efter som Opvarmningen har varet længere eller kortere; denne og lignende Beliandlingsmaader anvendes blandt andet ved mange Bestanddele af Landbrugsredskaber. — For øvrigt er man i vore Dage ogsaa i Stand til at støbe Genstande af Staal (eller endog Smedejærn).

Ved den mekaniske Behandling af Smedejærnet og Staalet har de haandførte Hammere i vidt Omfang maattet vige Pladsen for Damphammere, Vandtrykspresser (S. 86) og Valseværker; og" hertil kommer saa Drejebænke, Boremaskiner, Save o. s. v., ved hvilke Jærnet og Staalet ikke smedes, men behandles paa lignende Maade som Træet.

Ved Damphammeren kan større Jærnstykker svejses sammen af mindre, og Jærnet kan gennemarbejdes, saa at det bliver mere ensartet, og Slagger uddrives; til en vis Grad kan Jærnstykkernes Formning vel ogsaa besørges af Damphammeren, men dette Arbejde er dog hovedsagelig Valseværkernes Sag.

Den simpleste Form, som frembringes ved Valseværker, er Pladeformen, som Jærnet antager, naar det i glødende Tilstand presses

ud mellem cylindriske Valser; men til Behandling af store Jærnmasser kræves der Valseværker af uhyre Styrke. Fig. 120 viser en Støbestaalblok, der vejer 130 Tons eller mere end Verdens største Lokomotiv; denne Blok blev ved et Valseværk i Krupps Fabrikker valset ud til en Panserplade af 30 Centimeters Tykkelse. Ved samme Valseværk har man ogsaa fremstillet et Stykke Kedelblik, der kun var henved 4 Centimeter tykt, men til Gengæld udmærkede sig ved sin Størrelse; det er nemlig 3,65 Meter bredt og 26,8 Meter langt og dækker saaledes en Flade af omtrent 100 Kvadratmeter eller

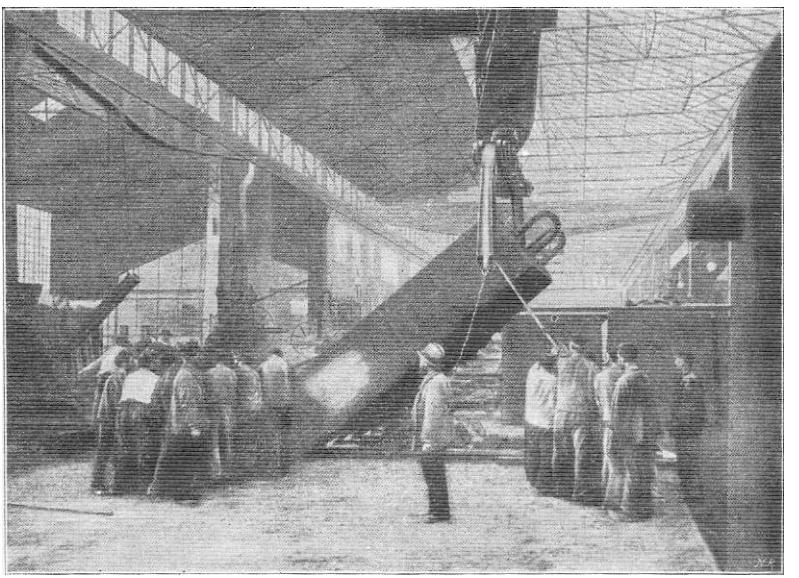


Fig. 120. En stor Staalblok, der skal udvalses, trækkes op af Støbegruben.

1000 Kvadratfod. Dette er vistnok de mægtigste Valsestykker, som nogensinde er fremstillet, og det er kun Udstillingsstykker.

Inden Brugen maa de udvalsede Plader i Reglen beskæres og bøjes. Beskæringen kan ved tykke Panserplader udføres ved Maskinsave, medens Kedelblik klippes over med Maskinsakse. Naar Pladerne kun skal bøjes paa en Led. kan Bøjningen udføres ved et Valseværk, bestaaende af tre cylindriske Valser, af hvilke de to ligger i samme Højde, medens den tredje er anbragt over Mellemrummet mellem dem og kan nærmes mere eller mindre til dem, eftersom Bøjningen skal være stærkere eller svagere.

Valseværker kan frembringe mangfoldige andre Former end Plader, idet Valserne forsynes med Indsnit af forskellig Form. De Jærnbjælker eller Jærnskinner af forskellige Tværsnit (L T I I lo. fi),

som har saa stor Betydning for alle Nutidens Jærnkonstruktioner, fremstilles saaledes ved Valsning, og det samme er Tilfældet med Jærnbaneskinnerne. I Reglen maa de Jærnstykker, med hvilke Valsningen begynder, inden de faar den endelige Form, gaa flere Gange gennem Valseværket, idet de for hver Gang kun omformes lidt. Et og samme Valsepar har derfor ofte forskellige Indskæringer svarende til den Række Former, Jærnet efterhaanden skal gennemløbe

I moderne Fabrikker for Jærnbaneskinner føres de stærkt ophe-

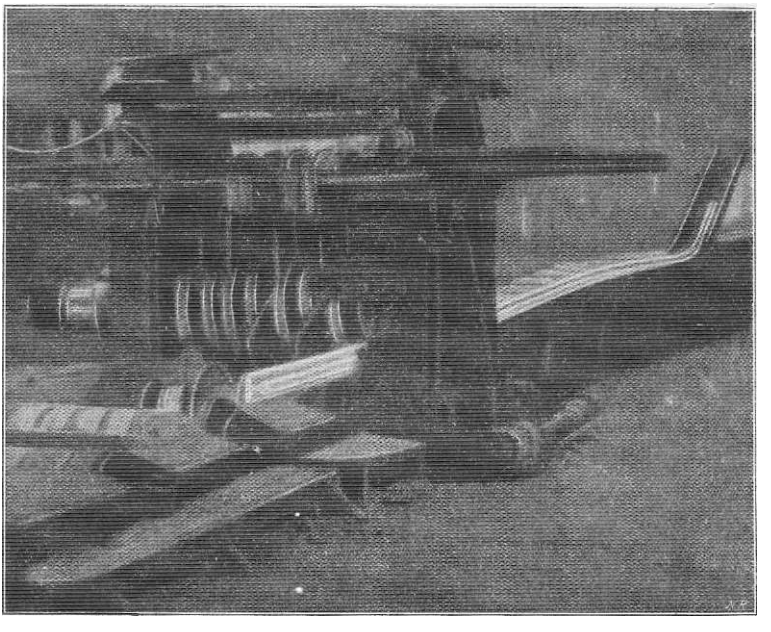


Fig. 121. Udvalsning af Jærnbaneskinner.

dede Staalbarrer avtomatisk igennem en lang Række Valsepar; i en af de store amerikanske Fabrikker (Fig. 121) har den hele Valserække en Længde af henved 300 Meter, som Staalbarrerne gennemløber, uden at man behøver at ophede dem paany, inden de som færdigformede Skinner forlader det sidste Valsepar. Hjul til Jærnbanevogne fremstilles paa flere Maader; i den nyeste Tid smedes de undertiden af en eneste stor Jærnblok, der ved Damphammer, Vandtrykspresse og Valseværk formes til en rund Skive med fremtrædende Hjulring, Eger og Nav; naar derefter Mellemrummet mellem Egerne udhugges, Navhullet udbores og Hjulringen afdrejes, er Hjulet færdigt.

Naar Jærnbjælker eller større Jærnplader skal sammenføjes, f. Eks. ved Bygning af Broer, Dampkedler, Jærnskibe o. s. v., anvendes i Reglen ikke Svejsning men Nitning. Paa det Sted, hvor to Plader skal sammennittes, laver man Huller igennem dem enten ved Boring eller ved Hjælp af en »Punsmaskine«, der udstemmer Hullerne ved at slaa en lille Staaltap gennem Pladerne; eller en tilsvarende Staaltap trykkes gennem Pladen med en Vandtrykspresse. Efter at Pladerne er anbragt med de til hinanden svarende Huller nøjagtigt over hinanden, stikker man gennem saadanne to Huller en glødende »Nitte«, d. v. s. et Slags tykt Søm med stærkt Hoved, men ingen Spids, og medens Hovedet fastholdes paa en eller anden Maade, hamres der paa Nittens anden Ende endnu et Hoved. Til dette Arbejde anvendes nu mange Steder Nittemaskiner, i Reglen drevne ved Vandtryk eller Lufttryk (se S. 34).

De tynde Jærnplader, som efter at være fortinnede bruges til Fabrikation af Blikdaaser og mangfoldige andre Hvidblikvarer, bliver nu ligesom sværere Plader valsede ud, medens de i ældre Tid hamredes ud paa en Ambolt. Ved disse Blikvarer udføres Sammenføjningen af de enkelte Dele oftest ved Lodning med letsmelteligl Loddemetal.

Det kan imidlertid her nævnes, at man i de allersidste Aar ved den saakaldte Aluminotermi —opfundet af Tyskeren Goldschmidt — er blevet i Stand til at sammenlodde store Jærnstykker med Jærn saa fast, som om de var svejsede sammen. En Blanding af Aluminiumpulver og Jærnilte pakkes om det paagældende Sted eller anbringes over det i en ildfast Digel med Hul i Bunden. Naar denne Blanding, der kaldes Termit, antændes paa et enkelt Punkt, »brænder« den videre uden Luft, idet Aluminiumet under stærk Varmeudvikling tager Ilten fra Jærnet, der smelter og tjener som Loddemetal. Ofte er det snarere en Slags Svejsning end egentlig Lodning, der udføres ved Hjælp af Termit; naar de to Jærnstykker holdes stærkt sammentrykkede ved Skruebolte og Stænger (som Skinnerne paa Fig. 122), vil Varmen fra Termitten samtidig blødgøre Jærnet og ved at udvide Jærnstykkerne lidt forøge Trykket ved Sammenføjningsstedet, saa at Jærnstykkerne forenes. Ved Alu-

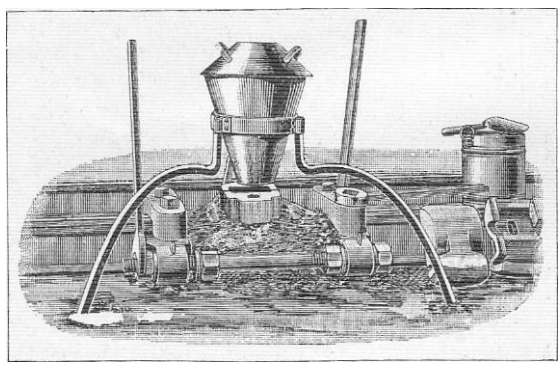


Fig. 122. Sammenlodning af Sporvejsskinner ved Termit.

minotermi kan man ude i det fri forene Jærnrør eller Sporvejs-Skinner, udbedre Revner i Maskiner og Skibe uden at bringe dem til Værksted o. s. v. Det smeltede Jærn, hvis Beskaffenhed kan ændres paa forskellig Maade ved passende Tilsætninger til Termitten, kan endog ligefrem erstatte afslaaede Stykker, f. Eks. af Tænderne paa et Tandhjul, men disse maa saa bag efter afskæres eller affiles, saa at de faar den rette Form.

Naar Staal skal behandles med skærende Instrumenter, maa de skærende Dele være dannede af særlig haardt og stærkt Staal. Dersom de tillige skal kunne arbejde hurtigt, maa de kunne taale den derved frembragte Varme uden at afhærdes som almindeligt Staal; dels ved at tilsætte smaa Mængder af visse Stoffer til Staalet og dels ved at hærde det paa særlig Maade har man løst den Opgave at fremstille Værktøjsstaal med denne værdifulde Egenskab. Som Eksempel paa, hvad godt Værktøjsstaal kan udrette, kan det nævnes, at et Drejestaal, der brugtes til Afdrejning af Staalaksler til Jærnbanevogne, i en Arbejdstid af i alt henved tre Døgn, havde afskaaret 1,1 Millimeter tykke og 6 Mm. brede Spaaner, hvis samlede Længde var omtrent 40 Kilometer (som fra København til Helsingør), og som vejede 2—3 Tons; under dette Arbejde var Drejestaaiet ikke slebet en eneste Gang.

Paa Udstillingen i Diisseldorf i 1902, hvor de ovenfor omtalte store Valsestykker var udstillede, fandtes tillige en mægtig Støbestaalsaksel, som viste, at ogsaa de skærende Maskiner er i Stand til at udføre kæmpemæssige Arbejder. Akslen var 45 Meter lang, nøjagtig afdrejet og tillige gennemboret i hele sin Længde, saa at man kunde se paa langs igennem den; den udborede Kærne laa ovenpaa Akslen. Arbejdet var udført i Krupps Fabrikker ved Hjælp af en Dreje- og Boremaskine af over 50 Meters Længde.

Fra disse Eksempler paa, hvad vore Dages Jærnindustri formaar i Retning af storslaaet Kraftudfoldelse, vil vi vende os til nogle af de allermindste Genstande, den har med at gøre, nemlig Synaaie og Staalpenne.

Den Kunst at fremstille Metaltraad ved at trække tynde Metalstænger gennem finere og finere Huller skal være opfundet omtrent ved Aar 1300, og den har faaet stor Betydning for mange Industrigrene, blandt andet for Naalemagerkunsten. Naalemageren kunde nu slippe for det besværlige Arbejde at udhamre Metallet til tynde Naale, idet han kunde tage sit Udgangspunkt fra afklippede Traadstykker af passende Tykkelse. Tilbage stod saa for Synaalens Vedkommende at file eller slibe Spids paa Traadstykket (der er af Jærn- eller Staaltraad) og forsyne det med Øje. Idet vi ser bort fra de allerældste Synaaie med ombøjede øjer, udførtes dette i tidligere Tid derved, at Traaden hamredes flad og spaltedes, hvorefter de yderste Ender af de to Grene atter hamredes sammen. Nutildags finder en saadan Spaltning af Traaden ikke Sted.

Det karakteristiske ved Nutidens Naalefabrikation er dels Anven-

delsen af Maskiner, dels den gennemførte Deling af Arbejdet. En Synaal forekommer os at være et saa simpelt lille Redskab, at det synes næsten ufatteligt, at den, inden den er færdig til Aflevering, har vandret gennem 80 Arbejderes Hænder; ikke des mindre er der. eller har der været Fabrikker, hvor Arbejdets Deling var gennemført i en saadan Grad. Idet hver enkelt Arbejder (eller Arbejderske) kun faar et eneste bestemt Haandgreb at udføre, opnaar han i denne Specialitet en forbavsende Færdighed og kan i Løbet af kort Tid behandle en utrolig Mængde Naale.

Synaalene kommer i Reglen til Verden som siamesiske Tvillinger, idet der af Staaltraaden afklippes Stykker, der er bestemt til to Naale; Klipningen foregaar med en Maskinsaks, der kan klippe igennem et Bundt paa 100 Traade. Flere tusind af de afklippede Traadstykker lægges nu i et Bundt, som omsluttes af Jærnringe og rulles frem og tilbage i en Rettemaskine, hvorved de bliver lige. Traadstykkerne skal nu tilspidses i begge Ender; denne Tilspidsning foregik tidligere paa den Maade, at en Arbejder holdt Traadene ned mod en roterende Slibesten, idet han samtidig rullede dem frem og tilbage mellem Fingrene. En øvet Arbejder kunde paa en Gang holde et Par Dusin Traade eller mere mod Slibestenen, og i Løbet af en Dag kunde han siibe 10—20,000 Traadstykker, hvilket altsaa vil sige det dobbelte Antal Naale; ved Hjælp af Slibemaskiner, af hvilke en enkelt Arbejder kan passe flere, skal det imidlertid nu være muligt for en Mand at besørge henved en Million Naale slebet paa en Dag.

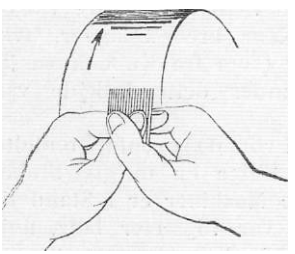


Fig. 123. Slibning af Synaaie.

Efter Slibningen følger en Række Arbejder, ved hvilke Naaleøjerne slaas eller stikkes gennem Traadene, Traadstykkerne adskilles i to Naale og Ujævnheder files af; disse Arbejder kan udføres paa flere forskellige Maader med mer eller mindre vidtgaaende Anvendelse af Maskiner. Naar nu Naalene saaledes er tildannede, skal de hærdes og atter afhærdes til en passende Haardhedsgrad. Hvis de er lavede af Jærntraad, hvad der er Tilfældet med mange simplere Naale, maa de, inden de kan hærdes, omdannes til Staal, idet de indpakkes og glødes sammen med kulstofholdige Stoffer Smedejærnet optager da noget Kulstof og omdannes derved til Staal (se S. 103). Denne Fremgangsmaade, som kaldes Cementering, anvendes forøvrigt ved mange andre Jærngenstande end Naale

Endnu staar det tilbage at skure og polere Naalene. Indpakkede i Lærred med Olje og Sand eller Smergelpulver, rulles.de i en Slags Rulle, der paa en Gang kan behandle flere Millioner Naale, og derefter rystes de med Savspaaner i en roterende Tromle. Disse og lignende Behandlinger maa gentages adskillige Gange, og de linere

Naale maa endda paa forskellige andre Maader afpudses og eftergaas, inden de er færdige til at sendes ud i Verden. Fra de store Fabrikker udgaar der aarlig Naale ikke i Millionvis, men i Hundrede-millionvis.

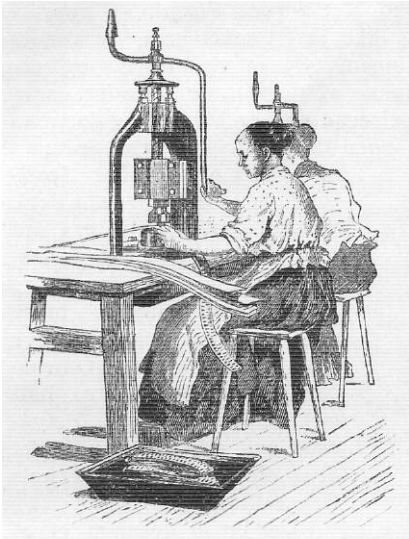


Fig. 124. Udhugning af Staalpenne.

Ved Staalpennefabrikationen finder der ligesom ved Naalefabrikationen en stærkt udviklet Arbejdsdeling Sted. Som Udgangspunktet for Tilvirkning af Pennene tjener lange, tynde Staalstrimler, der i Reglen fremstilles paa selve Pennefabrikken af særlig godt Staal. Bredden af disse Strimler er omtrent dobbelt saa stor som Pennenes Længde, saa at der kan udhugges af dem to Rækker af Penne, naar Spidserne af den ene gaar noget ind mellem Spidserne af den anden Række. En Arbejderske fører Staalstrimlen frem under et Stempel, som hun velselvis tøfler og atter lader falde; derved udhugges Staalstykker omtrent af Form som Pennene, men flade. Paa lignende Maade frembringes derefter Indsnittene i Pennens Sider, Udskæringen i dens Midte, samt Firmamærke o. lign; ogsaa Pennens Bøjning udføres ved et Stempel. Fig. 125 viser et lille Stykke af Staalbaandet efter Pennenes Udhugning samt en Pen paa 4 Udviklingstrin (flad i 1,2 og 3, bøjet i 4). Under de sidste Arbejder har Staalet været blødgjort; men Pennene bliver nu hærdet. Dernæst afslibes de i Spidsen, idet de holdes imod en roterende Slibesten; først derefter anbringes Spalten i Pennespidsen, og endelig afpudses Pennene paa forskellig Maade. Den aarlige Produktion af Staalpenne løber op til c. 3000 Millioner eller omtrent 2 Penne til hver af Jordens Beboere, og dog er der til en enkelt af Nutidens Staalbygninger, nemlig Eiffeltaarnet i Paris brugt mere Staal end til disse 3 Milliarder Penne.

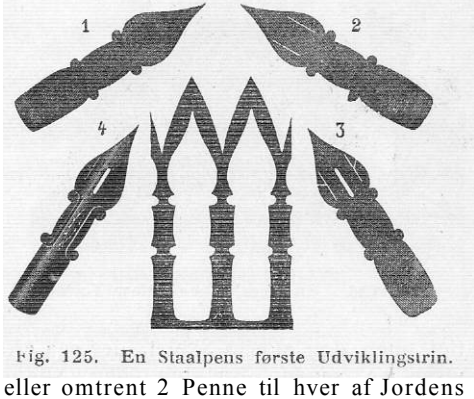


Fig. 125. En Staalpens første Udviklingstrin.

Hvis man vilde nævne alle de forskellige Maader, paa hvilke man i vore Dage behandler Jærnet — Hamring, Valsning og Presning, Støbning, Savning, Drejning, Boring, Filing, Slibning o. s. v. —, vilde man dermed samtidig have nævnt omtrent alle de Fremgangsmaader, som overhovedet bruges ved Metallernes Formning, naar vi da holder os til Hovedtrækkene og ikke just tænker paa Værktøjets Form og Enkeltheder ved Behandlingen. Ogsaa ved Træets og selv Stenens Behandling genfinder vi mange af de samme Metoder, som anvendtes ved Jærnet, selv om Afvigelserne her er større, og der maa føjes enkelte helt nve Fmngangsmaader til (f. Eks. Stenens Sprængning ved Krudt eller Spaltning ved inddrevne Kiler). Vi skal derfor ikke gaa ind paa Behandlingen af de andre Metaller og Træet og Stenen, saa meget mere som de Fremskridt, der er gjort paa alle disse Omraader tilsammen, har haft mindre indgribende Betydning end de, der har fundet Sted med Hensyn til Jærnets Behandling.

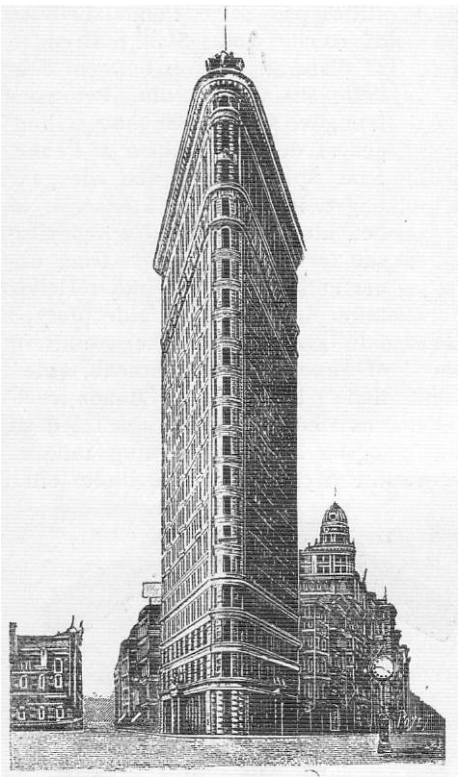


Fig. 126. En Skyskraber i New York.

Det er jo desuden et af de betydningsfuldeste Træk ved Nutidens Udvikling, at Jærnet har trængt sig frem paa de andre Materialiers Bekostning; ved Brobygning er det i vidt Omfang traadt i Stedet for Stenen, ved Skibsbygning og talrige andre Bygningskonstruktioner i Stedet for Træet; selv til Beboelseshuse bruges det nu meget, navnlig i Amerika; i de mægtige amerikanske »Skyskrabere« med deres tyve Stokværk eller mere er de bærende Dele undtagen Grunden helt af Staalbjælker, som sammenføjes til et luftigt, men dog stærkt Skelet, der saa efterhaanden beklædes. Fig. 126 viser en saadan Bygning, der, skønt den langt fra hører til de højeste, dog maaler c. 80 Meter i Højden, d. v. s. mere end Marmorkirken i København og meget mere end Vor Frelsers Kirke i Kristiania. Dens største Sideflade byder Vinden en Flade af 5—6000

Kvadratmeter eller c. 1 Tønde Land; da nu tillige Bygningens trekantede Tværsnit er meget langstrakt og smalt, og Nabohusene ikke kan yde Ly, indser man. at den maa være meget solidt bygget og funderet for at modstaa Trykket af en Storm.

Leret har som Bygningsmateriale (Mursten) mindre direkte end Træet og Stenen været udsat for Konkurrence fra Jærnets Side; men i Husholdningen er Lergryderne fortrængt af de emaillerede Kogekar af Jærn. Af de Materialier, vi har omtalt i det foregaaende, er det kun Glasset, der er gaaet fremad sammen med Jærnet uden paa noget væsenligt Punkt at komme i Konkurrence med det; næsten helt af Jærn og Glas er udført betydelige Bygningskonstruktioner, som overdækkede Gaarde og Perroner, og fremfor alt Krystalpaladset i London, ved hvis Opførelse der brugtes Glas, som kunde dække et Areal af c. 100 000 Kvadratmeter eller c. 18 Tønder Land.

En helt anden Gruppe af Stoffer end de sidst omtalte danner Beklædningsstofferne. De vigtigste Maskiner, som benyttes ved deres mekaniske Behandling — Spindemaskiner, Væve og Symaskiner — er imidlertid omtalte andetsteds (Afsn. III), og i Stedet for nu at gaa nærmere ind paa enkelte Dele af Spinde- eller Væveindustrien, vil vi hellere her omtale en beslægtet Industrigren, nemlig Papirindustrien, der til Dels arbejder med samme Raastolfer som Spinderiet og Væveriet.

Fig. 127. Papirtilvirkning i Japan.

Vort Papir har faaet sit Navn efter den ægyptiske Papyrusplante, afhvilken Oldtidens Papir fremstilledes. Lange Strimler af Papyrusstænglens Bast blev lagt Side om Side og dækket med et andet Lag Strimler, som gik paa tværs af de første; ved Limvand forenedes de to Lag til et sammenhængende Hele, som derefter pressedes og glattedes. Vi kan imidlertid ikke sige, at vort Papir nedstammer fra dette Oldtidspapir. Oprindelsen til Nutidens Papirfabrikation maa søges langt mod Øst i Kina og Japan, hvor man i Aarhundreder eller maaske i Aartusinder har fremstillet Papir efter væsentlig den samme Fremgangsmaade, som den Dag i Dag anvendes i Evropa. Blot har man i

Evropa indført Stordrift i denne Industri og mange Steder anvendt Maskinkraft til Udførelse af alle de enkelte Processer, medens Papirtilvirkningen i Østen til Dels endnu er et Husflidsarbejde.

Japanerne anvender som Raastof i Reglen Barken af Papirmorbærtræet. Ved Kogning med Potaske skilles det ydre Barklag fra det indre, og dette sidste bankes dernæst med Køller, indtil det har opløst sig i sine enkelte Fibre; Fibrene røres ud i et Kar med Vand, saa at der dannes en tynd Vælling. For nu at fremstille et Ark Papir, tager Arbejderen en Form af den ønskede Størrelse, det vil sige en Plade af flnt Netværk med ganske lave Rande, og dypper den ned i Karret; naar Formen tages op, løber Vandet ud gennem Nettets Masker, og idet Formen rystes frem og tilbage, filtrer de enkelte Fibre sig ind i hverandre og danner et sammenhængende Hele. Tørrede man dette uden Tilsætning, vilde man faa ganske porøst Papir (Trækpapir eller Filtrerpapir); for at gøre det egnet til Skrive- eller Trykpapir, maa man tilsætte Risstivelse. Hvor Papirtilvirkningen foregaar i Hjemmet, deltager hele Familien, Mænd, Kvinder og Børn i Arbejdet.

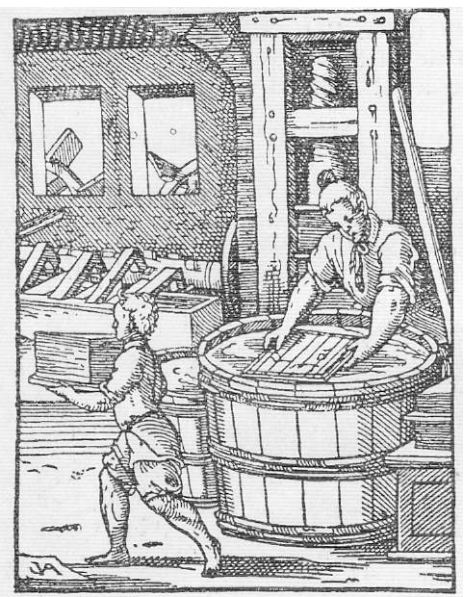


Fig. 128. Et gammelt Papirmagerværksted.

Ogsaa Kineserne anvender for en stor Del Barken af træagtige Planter ved Papirtilvirkningen ; men i Virkeligheden kan utallige andre Plantestoffer anvendes; det gælder blot om, at de skal kunne opløses i Fibre, som ikke er saa korte og glatte, at de ikke kan filtre sig sammen. I det vestlige Asien, hvorhen Kunsten al lave Papir efterhaanden bredte sig, benyttedes navnlig raa Bomuld som Raastof. I Evropa lærte man gennem Araberne »Bomuldspapiret« at kende for henved et Aartusind siden; men da det var vanskeligt at faa fat i raa Bomuld, tog man her sin Tilflugt til Klude, vel først af Bomuld, men senere af Linned, og det viste sig, at man her ovenikøbet havde fundet et bedre Raastof.

Det var et ret besværligt Arbejde at sønderdele Kludene tilstrækkelig fint; det udførtes i Reglen ved Stampeværker, som dreves ved Vandkraft; i det vedføjede Billede af et Papirmagerværksted fra

det 16 Aarh. ser man udenfor Vinduesaabningerne to Vandhjul. Senere opfandtes i Holland den saakaldte »Hollænder«, i hvilken Kludene skæres i Stykker ved en roterende Valse med Knive langs Omkredsen.

Medens man saaledes tidlig anvendte Maskinkraft til Sønderdeling af Raastofferne, blev selve Tilvirkningen af Papiret længe ved at foregaa paa lignende Maade som i Kina og Japan, idet man fremstillede Ark efter Ark ved at ryste en Ramme med Hænderne. For c. 100 Aar siden opfandtes imidlertid Papirmaskinen, der kan frembringe en sammenhængende bred Strimmel, hvis Længde vokser, saa længe Maskinen arbejder. Den af Plantefibre og Vand dannede Papir-

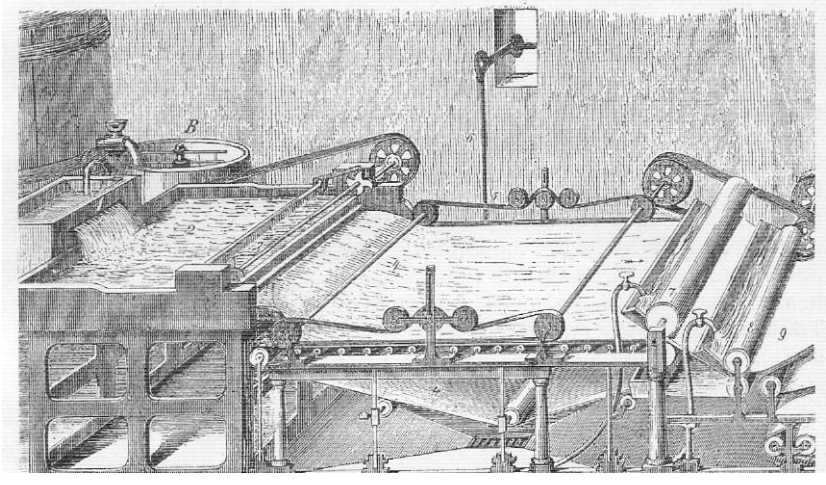


Fig 129. Eu Del af en Papirmaskine.

masse flyder her ud paa et Metalnet, der føres frem af Ruller og Valser (se Fig. 129); gennem Nettets Masker siver og suges Vandet fra, og Fibrene filtres sammen til Papir, der efter at have fulgt Nettet et tilstrækkelig langt Stykke bliver stærkt nok til at kunne slippe Nettet og gaa videre gennem Presser og andre Apparater, — i Begyndelsen støttet af en Filtdug, senere alene, — medens Metalnettet, der danner et sammenhængende Baand uden Ende, føres tilbage forneden. En stor Papirmaskine kan fabrikere mange Tusind Kilogram Papir i Døgnet.

Endnu fremstilles der imidlertid betydelige Mængder af haandforarbejdet Papir, der kaldes Bøttepapir efter den Beholder med flydende Papirmasse, Bøtten, i hvilken Formen neddyppes. Naar Formen er dannet af Metaltraade, der ligger tæt op ad hverandre,

og som med visse Mellemrum støttes ved en Traad, der løber paa tværs af dem, faar Papiret den bekendte Stribning, som man i Reglen kan iagttage ved at holde et Ark Skrivepapir op for Lyset. Paa lignende Maade kan et hvilkensomhelst Mærke (»Vandmærke«) frembringes paa Papiret, idet der i Formens Metalnet indflettes Metaltraad eller paa anden Vis dannes en ophøjet Tegning i det. Naturligvis kan der ogsaa fremkaldes Stribning og Vandmærker i Maskinpapir. Naar Formen dannes af et saa fint og ensartet Væv af Metaltraade, at Mærkerne af de enkelte Traade ikke tydelig kan spores i Papiret, faar man det saakaldte Velinpapir.

Ved Papirmaskinen blev det muligt, at forarbejde store Masser af Papir, naar man blot kunde skaffe Raastoffet dertil. Klude alene vilde umuligt kunde strække til til Nutidens uhyre Papirforbrug, og man har derfor taget sin Tilflugt til andre Stoffer som Halm, gammelt Papir og fremfor alt Træ. Alene Danmarks Papirforbrug løber op til 16 Millioner Kilogram aarlig; men naturligvis kan det forslaa en Del, naar hele Skove hugges om og forvandles til Papir.

Træet kan enten behandles rent mekanisk, idet man ved Slibning forvandler det til en findelt Masse, af hvilken der dog kun kan laves Papir, naar den blandes med passende Mængder Fibre af Klude o lgn. Eller man kan ved kemisk Behandling af Træet vinde Cellulose (S. 123), i hvilken Plantefibrene er tilstrækkelig vel bevarede, til at de kan filtre sammen til Papir. I Norge og Sverrig, hvor man baade har store Skove og Vandkraft til Fabrikkernes Drift, foregaar Tilvirkningen af Træmasse og Cellulose efter en stor Maaleslok; den aarlige Produktion løber op til 300—400 Millioner Kg.

VII. OPVARMNING OG BELYSNING.

Kunsten at gøre Ild. — Fra Arnebaalet til Magasinovnen. — Fra Lyspinden til de moderne Belysningsmidler. — Nutidens Kamp mellem Gas, Petroleum og Elektricitet. — Centralopvarmning. — Afkøling.

Det er ikke helt let at forstaa, hvorledes Menneskene oprindelig har fundet paa at tage Ilden i deres Tjeneste, og hvorledes de har lært selv at frembringe den, naar de havde Brug for den; thi ude i Naturen optræder Ilden som en ødelæggende, livsfjendtlig Magt, der i Reglen kun vækkes til Live ved saadanne rædselsvækkende Begivenheder som vulkanske Udbrud eller Lynnedslag; og til at fremkalde Ilden med Kunst kræves der ganske vist ikke indviklede Hjælpemidler, men en betydelig Øvelse og Behændighed. Men ikke des mindre har Kunsten at gøre Ild været kendt fra ældgammel Tid selv af de lavest staaende Folkeslag.

Fig. 130 viser, hvorledes de indfødte paa nogle af Sydhavsøerne bærer sig ad med at gøre lid. Mod et Underlag af haardt tørt Træ gnides en Pind af blødere tørt og let antændeligt Træ; øvede Sydhavsboere skal kunne faa Gnidepinden til at bryde i Brand i Løbet af faa Sekunder. Andre Folkeslag har anvendt »Ildbor«, det vil sige Træpinde, som ikke blev gnedet frem og tilbage mod Underlaget, men drejet hurtigt rundt paa samme Sted; denne Drejning kunde frembringes, idet man trillede Pinden mellem Hænderne (Fig 131); men hvor man ikke havde tilstrækkelig let antændelige Træsorter, maatte man for at faa Virkningen kraftigere anvende Snor- eller Remtræk, f. Eks. paa den Maade som er vist i Fig 132.

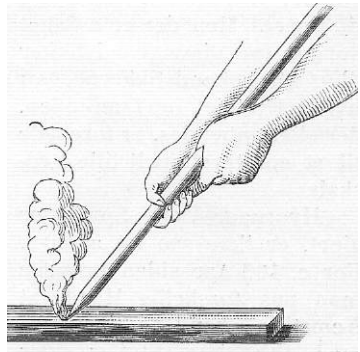


Fig. 130. Ildfrembringelse hos Sydhavsboere.

Efter at Menneskene havde lært Jærnet at kende, kan det ikke have varet længe, inden man iagttog, at et haardt Slag af Jærn mod Sten frembragte Gnister, og herpaa kunde grundes en lettere Metode til Ildfrembringelse, idet man ved disse Gnister kunde antænde let fængelige Stoffer som Fyrsvamp, trøsket Træ, tørre Klude o. Ign. (Tønderet). Fyrtøjet med Staal og Flintesten blev saaledes efterhannden det almindelige Middel til Ildfrembringelse hos Europas Nationer og holdt sig som saadant langt ind i forrige Aarhundrede. Mindelser om Trægnidningen som den ærværdige, oprindelige Metode bevaredes dog gennem Tiderne, og gav sig i Norden blandt andet Udtryk i den Skik at gøre »Nødild«, naar Kvægsygen truede Bøndernes Velfærd; efter at al Ild i Landsbyen var slukket, frembragte man ny Ild ved med et Tov at dreje en Træstok, som var anbragt mellem to Stolper, altsaa ved omtrent samme Fremgangsmaade som vist i Fig 132.

Fig. 131. Meksikansk Billede af en Ildgnider.

Selv om det med Fyrtøjet var let nok at faa en Gnist, kunde det alligevel være et besværligt og drilagtigt Arbejde at faa tændt et Baal op; først skulde Tønderet bringes ordentligt i Glød, derfra skulde Ilden saa forplantes til et Stykke Trækul eller tørt Træ, og endnu maatte man ofte puste længe med Munden eller en Ildpuster paa den dannede Glød, før det lykkedes at faa Ild i Brændslet paa Ildstedet. I Reglen søgte man derfor i ældre Tid at indskrænke Optændingen saa meget som muligt ved at føre Gløder fra det ene Ildsted til det andet — ofte endog fra Nabohuse, — eller

ved at bevare Gløderne Natten over. Et godt Hjælpemiddel ved Optændingen havde man dog allerede for flere Aarhundreder siden fundet i Svovlpindene eller Svovlstikkerne, hvorved her rigtignok ikke skal forstaas andet end Træpinde med Svovl paa den ene Ende. Svovlet blev nogenlunde let antændt ved Hjælp af Fyrtøjet, og fra Svovlet forplantede Ilden sig til Træet. Men der er et langt Spring fra disse Svovlstikker til Strygetændstikkerne, i hvilke Fyrtøjet og Træpinden, der skal antændes, er forenede til et eneste simpelt lille Redskab.

Fig. 132. Eskimoer gør Ild.

Hvornaar dette Spring er gjort, er ikke saa let at sige. For c. 100 Aar siden prøvede man paa forskellig Maade at fremstille »kemiske Fyrtøjer« med iltholdige Stoffer, der kunde afgive Ilt til let antændelige Stoffer, saa at disse brød i Brand ved en ringe Foranledning. Som iltholdigt Stof benyttedes navnlig klorsurt Kali; naar en Blanding af dette Stof og Sukker bragtes i Berøring med Svovlsyre antændtes Sukkeret; endvidere kunde en Tændmasse, dannet af klorsurt Kali og Svovlantimon og anbragt paa en Træpind, antændes ved Gnidning mod Sandpapir; disse første Gnidningstændstikker (Congreves Tændstikker) krævede imidlertid saa stærk Gnidning, at Tændmassen let faldt af derved.

En anden Slags Tændstikker havde Fosforet som Udgangspunkt. Dette Stof, var opdaget i det 17. Aarhundrede af en hamborgsk Købmand Brandt, der syslede med Guldmagerkunsten. Medens Guldmagerne ellers plejede at hente deres Stoffer fra den livløse Natur, prøvede han at gaa ud fra et Stof af organisk Oprindelse, nemlig Urinen. Under Eksperimenterne hermed opdagede han en Dag i et af sine Kar et lysegult Stof, der viste sig i Besiddelse af den mærkelige Egenskab at lyse i Mørke, hvorfor han kaldte det Fosfor (Lysbæreren); desuden kunde det antændes ved en ganske ringe Opvarmning, ja endog ved Haandens Varme.

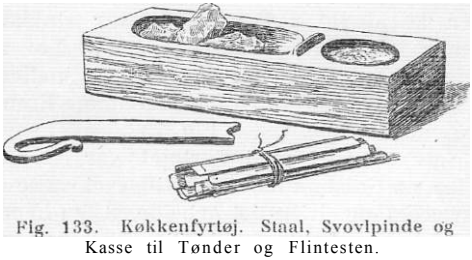


Fig. 133. Køkkenfyrtøj. Staal, Svovlpinde og Kasse til Tønder og Flintesten.

Under Forsøgene paa at tilvejebringe et kemisk Fyrtøj laa det nær at benytte sig af Fosforets Letantændelighed, og for e. 70 Aar

siden fremkom Fosfortændstikker, hvis Tændmasse bestod af en Blanding af Fosfor med iltholdige Stoffer som Salpeter, Blyilte o. fl. Disse Tændstikker kan tændes ved en let Gnidning mod enhver Flade, og for saa vidt det kun gjaldt om at faa Ild paa den lettest mulige Maade, vilde saadan Tændstik være Idealet af et Fyrtøj. Men Letheden er her endogsaa for stor, saa at den kan medføre Farer for ufrivillig Antændelse, og da Fosforet tilmed er giftigt, er disse Tændstikkei forbudt i mange Lande bl. a. i Danmark. Man vendte saa tilbage til Tændstikker af Congreves Type — dog ofte med andre brændbare Stoffer end Svovlantimon, — men indførte i Stedet for Sandpapiret, Strygeflader med et Overtræk af »rødt eller amorft Fosfor« dette er Fosfor som ved en særlig Behandling har faaet væsentlig andre Egenskaber end det almindelige hvide Fosfor; det er mindre let antændeligt og ikke giftigt.

Fig. 134. Ildkrukke fra Oldtidens Rom.

Ved Strygetændstikkernes Indførelse er det blevet den letteste Sag af Verden at tænde Lys eller Lamper. At faa Ild i Brænde eller Kul kan vel endnu volde noget Arbejde, men foruden Tændstikkerne har den bedre Konstruktion af Ovnene, den lettere Adgang til Optændingspapir eller Anvendelse af Ildtændere bidraget til at fjærne Vanskelighederne, saa at Kunsten at gøre Ild nu er meget let at udøve, hvor alting er i Orden.

Skønt vi meget nødig vilde undvære de Lettelser, der er opnaaet paa dette Omraade, er de dog af ringe Betydning i Forhold til de Fremskridt, der har fundet Sted med Hensyn til Ildens Benyttelse til Husenes Opvarmning.

I Oldtiden stod man, selv da den romerske Kultur havde naaet sit Højdepunkt, meget langt tilbage i denne Retning, hvad der for en stor Del finder sin Forklaring i det milde Klima i Syden, hvor man endnu er ilde hjulpen, naar det en Gang imellem bliver rigtig koldt.

Over de gamle romerske Køkkenildsteder fandtes ofte et bikubeformet Tag med et Hul foroven, gennem hvilket Røgen steg tit Vejrs, men virkelige Skorstene kendte man ikke. Naar man inde i Stuerne vilde have Varme qg dog undgaa Røg, benyttedes Ildbækkener eller Ildkrukker (Fig. 134) fyldte med Gløder, som det endnu er Brug i Italien; men selv om de ikke just gav Røg, kunde de dog udbrede

usynlig Os, d. v. s. skadelige Luftarier, i Stuen, og deres Varmeevne var ikke ret stor. Undersøgelser af Ruiner af gamle romerske Badeanstalter har vist, at Romerne har gjort nogle Tilløb til en Slags Centralopvarmning, idet Flammer og hed Luft fra et Ildsted førtes gennem Kanaler under Gulvene og forbi Væggene; men nogen større Betydning har dette næppe haft.

Det var først i den nyere Tid og i nordligere Lande, at der virkelig gjordes store Fremskridt med Hensyn til Husenes Opvarmning.

I Norden opvarmedes i gamle Dage Husenes eneste Opholdsrum ved et Baal, som lændles midt i Rummet paa Ildstedet, Arnen. Røgen fra Baalet steg til Vejrs og slap ud gennem Lyren, en Aabning i Taget nær Rygningen; men naturligvis fik andre Steder i Stuen ogsaa tit og ofte en rigelig Andel i Røgen. Denne Ulempe kunde kun afhjælpes ved den murede Skorsten, som ledede Røgen til Vejrs fra Ildstedet, uden at den kunde brede sig 1il Siderne. Man ved ikke sikkert, hvilken Alder man skal tillægge Opfindelsen af Skorstenen, som nu synes os at være den første Grundbetingelse for Husenes Opvarmning. Sandsynligvis har den været kendt i henved et Aartusinde; men i Norden vandt den først for faa Aarhundreder siden almindelig Udbredelse i Byerne og først langt senere paa Landet. Ved Skorstenens Indførelse flyttedes Ildstedet naturligt hen til Væggen, idet Skorstenen byggedes sammen med denne. De Kaminer, som endnu i vore Dage er i Brug, navnlig i England, er i det væsentlige kun aabne Skorstensildsteder. Englænderne holder stadig fast ved det paa Grund af den Hygge, Synet af Ilden frembringer.

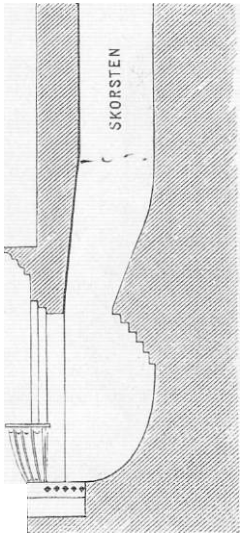


Fig. 135. En Knmin.

Baade ved Arneili stedet og ved de tidligste Skorstensildsteder gik det allermeste af Ildens Varme med Luftstrømmen op gennem Taget; det var væsentlig kun den Varme, som udstraalede fra selve det flammende Baal, der kom Stuen til Gode; kun ved at samles tæt om Ildstedet kunde Folkene derinde ret faa Nytte af Varmen, og endda kun paa den ene Side, og der medgik uhyre Mængder af Brændsel til stadig at holde et kraftigt Baal vedlige. Allerede før Skorstenens Indførelse havde man i Norden søgt at raade Bod paa disse Ulemper ved at overbygge Ildstedet med en stor Lerhvælving — Ovnen. Denne Lerhvælving opsamlede en stor Del af den Varme, som el'ers gik unyttigt op i Luften, og naar din først var gennemvarmet, kunde den længe blive ved at afgive Varme til Stueluften; man behøvede altsaa ikke at holde Baalet vedlige hele Dagen, men

kunde nøjes med at fyre slærkt op et Par Gange for at varme Ovnen, og man fik desuden Varmen jævnere fordelt i Stuen.

I de gamle Ovnstuer«, vendte Ovnen, der i Reglen var anbragt nærved en Væg, sin Aabning ud mod Stuen, og Røgen maatte ligesom Røgen fra Arnen gaa gennem Stuen og ud ad en Aabning i Taget. Maden kogtes i Reglen paa »Gruen« foran Ovnmundingen. Senere, da Skorstenen indførtes, blev det mere almindeligt at dele Huset i flere Rum og navnlig at udsondre Køkkenet fra Opholdsstuen. Der var da heller ikke noget i Vejen for at lade Ovnens Munding vende ud imod et Rum — vel i Reglen Køkkenet, — medens selve den lerklinede eller murede Ovn strakte sig gennem Væggen ind i el andet Rum. Paa denne Maade opstod den saakaldte Bilæggerovn, i hvilken der fyredes fra et andet Rum end det, Ovnen skulde opvarme; herinde kunde man da — naar Ovnen var hel i— umuligt faa Røg, hvilkel man jo selv ved et Skorstensildsted ellers ikke var sikret imod; til Gengæld blev Luften let ødelagt af Menneskers Aandedrag og Uddunstninger, naar Trækket ved Udstedet slet ikke bidrog til Luftfornyelse.

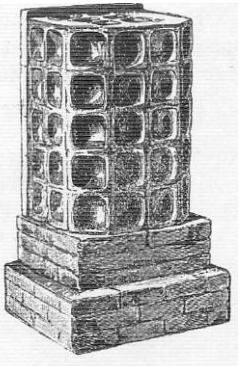


Fig 136. Formodet Udseende af en Bilæggerovn med Kakkelpotter (opført paa Dansk Folkemuseum)

Ved Ovnens Opmuring fandt man paa i Stedet for Mursten at bruge de saakaldte »Kakler«, eller »Kakkelpotter«, firkantede Lerpotter, hvis Bund vendte ind mod Ilden, medens Aabningen vendte ud mod Stuen; de blev langt lettere gennemvarmede end Murstenene, og det var tillige meget bekvemt, at man kunde varme Hænder eller Fødder inde i Kaklerne paa Ovnens Sider og maaske endogsaa Føde- eller Drikkevarer i de øverste Kakler. Kaklerne var imidlertid skøre, og |det voldte store Ulemper, naar blot en af dem gik i Stykker. Denne Vanskelighed kom man ud over ved at beklæde Ovnens Indre med Jærnplader.

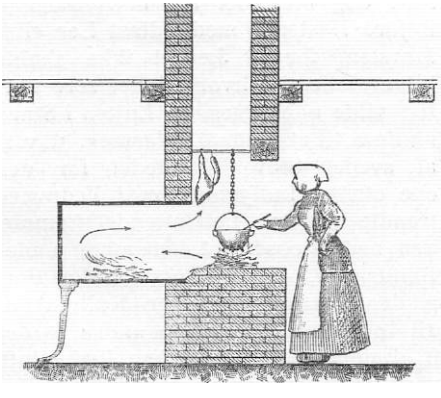


Fig. 137. Aabent Skorstensildsted samt Jærnbilæggerovn

Da Jærnet først var indført som Materiale ved Ovnbygningen, indførtes efterhaanden andre Forandringer ved Ovnen. Kaklerne, som var blevet ret overflødige, udelodes; kun Navnet »Kakkelovn«

er blevet tilbage som et Minde om dem. Endvidere forsynedes Ovnen med Indfyringsdør inde i selve Stuen, saa at det ikke længer blev en Bilæggerovn, og den blev sat i Forbindelse med Skorstenen med et Jærnrør.

Endelig fik Ovnen en Overdel, gennem hvilken Forbrændingsprodukterne førtes ad krumme Veje til Ruret, for at de kunde afgive mere Varme til Jærnet og dermed til Stuen.

Hermed var man da naaet til den Jærnovn, som brugtes til Opvarmning i Hjemmene, indtil Stenkullet begyndte at vinde almindelig Indgang som Brændsel og gav Anledning til adskillige Forandringer ved Ovnen. Medens Ild af Ved eller Tørvlet holdtes vedlige, naar Luften blot frit kunde stryge hen over Veddet eller Gløderne, maatte man ved Kulilden sørge for at lede Luftstrømmens Gang saaledes, at den passerede gennem Kulbunken. Kullene maatte af den Grund hvile paa en Rist, og i det mindste en Del af Luften maatte ledes fra neden op gennem Risten. Under disse Omstændigheder kunde man gøre Ildstedet meget mindre i Omfang og lade Kullene fylde det helt ud til Væggene og foran ud til en Forsatsrist; dog blev det saa nødvendigt at udfore Ildstedet med ildfast Ler eller Mursten, for at Jærnet ikke skulde blive glødende, hvorved det selv hurtigt vilde ødelægges, og Luiten i Stuen komme til at lugte af »Varme«, d. v. s. af svedet Støv I Stedet for den ene utætte Indfyringsdør i Vedovnen traadte nu tre tætsluttende Lemme, den nederste udfor Askerummet under Bundristen, den midterste udfor Forsatsristen foran Kulbunken og den øverste ovenover Kulbunken; medens den sidste er bestemt til Indfyring, har de to andre — der ofte er forenede til en — Luftaabninger, som man kan lukke lufttæt ved at skrue Skiver fast ind mod Lemmene. Ved Hjælp af disse »Ventiler« bliver det muligt at regulere Lufttilstrømningen, saa at Forbrændingen og dermed Ovnens Varmeafgivelse foregaar hurtigere eller langsommere, efter som det tiltrænges. I Vedovnen reguleredes Varmeafgivelsen næsten kun derved, at man i Dagens Løb lagde mere eller mindre paa Ilden.

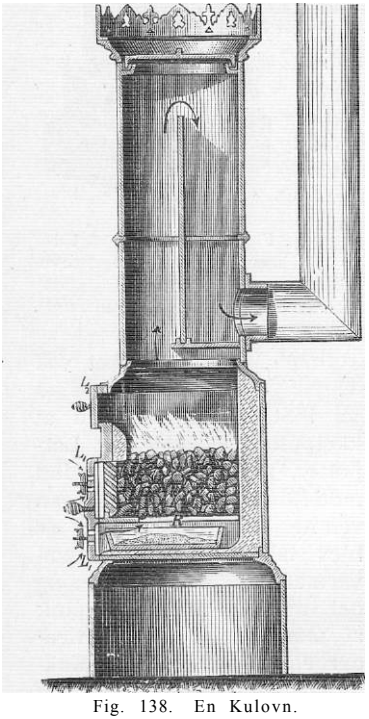


Fig. 138. En Kulovn.

Naar man ved Kulovnen gør Ildstedet saa højt, at det kan optage

Kul for en hel Dag eller i alt Fald for mange Timer, behøver man inden for dette Tidsrum slet ikke at fyre i Ovnen, der da kaldes en Magasinovn. I de nyeste Kulovne har man endvidere indrettet Bundristen som »Rysterist«, d. v. s. saaledes, at den kan drejes noget frem og tilbage i sit eget Plan, hvorved Asken rystes af Kullene; man kan da holde Ilden vedlige mange Døgn igennem, inden en Udrensning af Ildstedet bliver nødvendig, hvorfor Ovnen betegnes som stedsebrændende. I en stedsebrændende Magasinovn kan man dog i Reglen kun brænde Kokes, men derimod ikke almindelige Stenkul, som udvikler Gas ved Opvarmningen. Denne Gas spiller i det hele taget en ikke ringe Rolle i Kulovnene, og den øverste af de to Ventiler har blandt andet til Opgave at skaffe Luft til Gassens Forbrænding.

Fylder man i en Magasinovn, hvor Størstedelen af Brændselet er fortæret, paa en Gang hele Magasinet med Kul, vil Varmen fra Ilden forneden hurtigt uddrive en stor Mængde Gas af Kullene. Hvis man nu gennem den øverste Ventil tilfører tilstrækkelig Luft til Forbrænding af al denne Gas, vil hele Kulbunken snart komme i Brand, saa at man faar ?n voldsom Varmeudvikling, og holder man Ventilen lukket, vil Gassen i bedste Fald gaa iforbrændt og altsaa unyttig op i Skorstenen, men i værste Fald give Anledning til Eksplosioner. Disse Ulemper undgaas imidlertid, naar Luften ledes ovenfra nedad gennem Kulbunken, saa at Flammerne gaar neden ud af Ildstedet, og Ovne med denne Ordning af Trækken kan man derfor bruge som stedsebrændende ogsaa ved Kulfyring. I disse Ovne tilføres tillige under Ildstedet noget Luft til Flammerne, hvorved det opnaas, at Sodpartiklerne forbrænder meget fuldstændigt; Ovnene kaldes derfor ofte røgfortærende.

I den nyere Tid er det lykkedes ogsaa at konstruere Magasinovne til Ved. Paa Bundristens Plads har man her anbragt to Plader, der fra de to Sider af det firkantede Ildsted skraaner nedad mod Midten, hvor de er adskilte ved en Spalte, gennem hvilken Luften stiger til Vejrs.

Til de Mænd, som har gjort sig fortjent af Kakkelovnens Udvikling hører Amerikaneren Benjamin Franklin, og særlig til Magasinovnens Udvikling har Danskeren Reck ydet værdifulde Bidrag.

Ved godt regulerede Magasinovne kan man opnaa, at den allerstørste Del af den Varme, som udvikles ved Forbrændingen, kommer Stuelulten til Gode, medens dette langt fra var Tilfældet med de gamle Vedovne, hvor store Luftmængder stadig strømmede gennem Ildstedet op i Skorstenen og førte Varme med sig. Medens dette økonomisk set er en stor Fordel ved de moderne Ovne, stiller Sagen sig anderledes for en hygiejnisk Betragtning. Med det ringe Luftforbrug følger jo nemlig en ringe Luftfornyelse. Man kan ganske vist faa et forøget Lufttræk op i Skorstenen uden samtidig at forøge Forbrændingen, idet man aabner Indfyringslemmen eller en Ventil, der særlig er anbragt i Skorstenen eller i Ovnen for Luftfornyelsens

Skyld; men en langt fuldkommere Luftfornyelse opnaar man ved at omgive den egentlige Ovn med et tyndt Jærnhylster, en »Kappe«, og sætte Rummet mellem Ovnen og Kappen forneden i Forbindelse med en Luftkanal, der udmunder udenfor Huset, medens Rummet foroven har Aabninger ud til Stuen. Naar der saa tillige tæt ved Gulvet dannes en Aabning fra Stuen ind til Skorstenen, vil der stadig gaa en Luftstrøm ind gennem Luftkanalen og op gennem Kapperummet, hvor den opvarmes, derefter rundt i SLuen og endelig ind i Skorstenen og gennem den op i Luften Forøvrigt kan en saadan Kappe være til Nytte, selv om Luftkanalen og Skorstensaabningen ikke findes (eller holdes lukkede), naar blot Kapperummet forneden ligesom foroven er sat i Forbindelse med Stuen; Stueluften kan da frit strømme op gennem Kapperummet og saaledes modtage Varme fra Ovnen, medens Kappen som en udmærket Kakkelovnsskærm stanser den ubehagelige Straalevarme fra Ovnen.

Vi har hermed nævnt de vigtigste Fremskridt, der har fundet Sted med Hensyn til Konstruktionen af Stueovne til fast Brændsel. Ogsaa paa andre Maader er der i den nyeste Tid sket Fremskridt med Hensyn til Husenes Opvarmning; men Omtalen heraf vil vi gemme, til vi har betragtet Belysningsmidlernes Udvikling.

Oprindelig maatte den samme Ild tjene baade til Opvarmning af Stuen, til Madlavning og til Belysning. Om Arnebaalet samledes i Norden den hele Husstand i de lange Vinteraftener og udførte de Arbejder, der frembød sig. Var det nødvendigt at se efter noget udenfor, kunde en Brand fra Baalet gøre Tjeneste. Trangen til særlige Belysningsmidler kunde dog melde sig paa mange Maader, og disse var blandt andet den nødvendige Betingelse for, at man kunde erstatte Arnebaalet med Ovnen, hvor Ilden kun flammede en kort Tid. Da man nu ved Baalene havde rig Lejlighed til at iagttage, at visse Slags Træ (blandt andet harpiksholdigt Fyrretræ) brændte med mere lysende og stadig Flamme end andet Træ, laa det nær at snitte Pinde af saadant Træ og bruge dem som Belysningsmiddel. Disse Lyspinde har rundt om i Evropa været anvendt fra ældgammel Tid, og mange Steder i Norden har de holdt sig i Brug til langt henimod Nutiden. Ofte udpindedes de af Træstubbe, og i Jylland hjalp man sig med Mosefyr.

Fig. 139. Arbejde ved Lyspinden.

Da det ikke var noget stærkt Lys, Lyspinden udsendte, var det

af Vigtighed al have den tæt ved sig, og dette opnaaede man simplest, og uden at den hindrede Arbejdet, ved at tage den i Munden, saaledes som det er fremstillet paa hosstaaende Billede fra en Bog, Svenskeren Olaus Magnus 1555 udgav i Rom. Dog har man sikkert ogsaa hjulpet sig paa andre Maader f. Eks. ved at stikke Pinden fast i en Revne i Væggen eller ved at anvende forskellige Lysholdere.

Af Lyspinden kan Tællelyset maaske være fremgaaet, idet man opdagede, at den blev stærkere lysende og længere brændende ved at dyppes i smeltet Tælle eller andet Fedtstof. Naar Pinden dernæst ombytledes med blødere Plantedele eller Snore, der var gennemtrængt med Fedt, var dermed Vægen opfundet, og de første Tællelys eller Tællepraase var blot saadanne med Tælle gennemtrukne Væger, de saakaldte Lyselunter. Efterhaanden voksede Tællepraasene i Tykkelse og blev til rigtige Tællelys, idet man ved gentagne Neddypninger i den smeltede Tælle fik et tykt Lag af den til at sætte sig om Vægen.

Fig. 140. Gammel Tranlampe med en Underskaal, der optager Dryppet.

Skønt Tællelyset har den slemme Fejl, at det for stadigt at brænde ordentligt, med korte Mellemrum maa »pudses«, d. v. s. have det øverste af Vægen afknebet, blev det i Norden det almindeligst udbredte Belysningsmiddel og anvendtes som saadant langt over Midten af det 19. Aarhundrede selv i velhavende Hjem i Byerne. I fattigere og mere afsides liggende Egne navnlig i Norge og Sverrig blev det langt op imod vore Dage anset for en Luksusartikel, som kun ved festlige Lejligheder kunde træde i Stedet for Lyspindene.

Foruden Tællelyset var ogsaa Vokslyset kendt lige fra Oldtiden, men hele Middelalderen igennem blev det hovedsagelig kun anvendt i Kirkerne og senere i Reglen kun ved Fester. I det 19. Aarhundrede fik man i Stearinet, der vindes af Tællen, et nyt Materiale, af hvilket der kunde fremstilles udmærkede Kærter, som med sine flettede Væger kunde passe sig selv ligesom Vokslysene, og som var billigere end disse. Men det blev dog hverken Stearinlys eller Vokslys, der skulde erstatte Tællelysene som Hjemmets daglige Belysningsmiddel; de maatte derimod vige for Lampen; som havde været deres Konkurrent fra ældgammel Tid.

I Egne, hvor man havde let Adgang til flydende Fedtstoffer som Olivenolje (i Syden) eller Tran af Havdyrene (ved de nordlige Haves Kyster), var Lampen det naturlige Belysningsmiddel. Af ethvert Stof, som opsugede Fedtet, kunde man lave en Væge; i Norden har baade Mos og tørret Løv, men navnlig Marven af Siv gjort Tjeneste paa denne Maade. Naar Vægen anbragtes i Fedtet, saa at den ene Ende naaede noget op over det, kunde denne Ende tændes; dette var det simple Princip for de ældste Lamper, baade for de tarvelige Tranlamper (Fig. 140) i Norden og for de kunstnerisk udstyrede Oljelamper, som brugtes i det gamle Rom. Fig. 141 viser

en saadan Lampe, der blot er en Skaal med Laag og Tud; Vægen, som fra Oljen i Beholderen er ført op gennem Tuden, brænder frit i Luften uden Glas, og den udbredte utvivlsomt en Lugt, der for Nutidsmennesker vilde være højst ubehagelig.

Lampeglasset skal være opfundet eller i alt Fald indført i Praksis i Midten af det 18. Aarh. af en fransk Apoteker Quinquet. Ved delte simple Middel fik man samtidig Flammen beskyttet mod uregelmæssige Luftstrømninger og tilvejebragte en stærkere og mere regelmæssig Luftstrøm op om Vægen og derved en bedre Forbrænding.

Fig. 141. Gammel romersk Oljelampe.

Ved de gamle runde Væger var det, selv om man brugte Lampeglas, umuligt at faa et nogenlunde stærkt Blus, som ikke osede; vilde man gøre Vægen tyk, saa at den opsugede megen Olje, kunde der nemlig ikku komme tilstrækkelig Luft til den inderste Del af Flammen. For at faa et klart brændende Blus af rimelig Størrelse rnaaUe man saa anvende flade Væger; men ved Slutningen af det 18. Aarhundrede fandt Svejtseren Argand paa at forme Vægen til en hul Cylinder og lede Luften, saa at den strømmede op baade langs Cylinderens Inderside og Yderside. Disse Brændere med »dobbelt Lufttræk« (Argandbrændere eller Rundbrændere) betegner et stort Fremskridt; men vi maa forøvrigt tilkende Østens Folkeslag Æren for denne som for saa mange andre Opfindelser; i Japan havde man nemlig tidligere kendt Lys med hule Væger. Fig. 142 viser en Rundbrænder, som imidlertid er forsynet med en Opfindelse af nyere Dato, nemlig Sprederen, der tvinger hele den indvendige Luftstrøm tii at stryge tæt forbi Flammens Inderside.

Fig. 142. En Rundbrænder med Spreder.

Der klæbede endnu en Mangel ved de gamle Oljelamper, og det en Mangel, som laa i Stoffets Natur. Oljen kunde nemlig kun suges et kort Stykke op i en Væge, og idet Oljen under Forbrændingen sank i Beholderen, saa at Afstanden fra Vægens Top til Overfladen blev større, varede det ikke længe, inden den opsugede Oljemængde og dermed Flammens Lysstyrke aftog kendeligt. Man søgte at raade Bod herpaa dels ved det simple Middel at gøre Oljebeholderen flad og dermed Oljens Overflade stor (som i de romerske Lamper), dels ved ft rskellige sindrige Kunstgreb eller Mekanismer. Men alle

de herlien hørende Opfindelser har tabt deres Betydning, efter at man i Tresserne ovre i Amerika var begyndt at pumpe Belysningsolje op af Jorden (se S. 107). Den nye Lampeolje — Jordolje, Mineralolje, Stenolje eller Petroleum — trængte meget lettere op i Vægerne end den gamle Planteolje, og Vægens Top kunde derfor anbringes saa højt over Beholderen, at det ikke gjorde nogen synderlig Forandring, at Væskens Overflade sank en Del under Forbrændingen. Da nu Stenoljen tillige kunde tilvejebringes i langt større Mængder og billigere end Planteoljen, bredte den sig hurtigt over Verden, og ved Hjælp af den vandt Lampen afgjort Sejr over Tællelyset som Hjemmets Belysningsmiddel.

Længe før Stenoljens Fremkomst havde imidlertid et andet Belysningsmiddel nemlig Gassen vundet stor Udbredelse i Europa. Henimod Aar 1800 søgte Skotten Murdoch at udnytte den Gas, som udvikledes ved tør Destillation af Stenkul (se S. 124), til Belysning, idet han førte den gennem lange Rør fra det Sted, hvor den blev uddrevet af Kullene til de forskellige Rum, hvor den skulde bruges. James Watt interesserede sig for Sagen, og i Aaret 1803 blev Walts og Boultons Værksteder i Soho oplyst ved Stenkulsgas. Først adskillige Aar senere vaktes det brede Publikums Interesse for Sagen navnlig ved en storstilet Reklame, som sattes i Værk af Tyskeren Winzer eller Winsor baade i England og i andre Lande.

Gassen havde til at begynde med mange Fjender. Selve det fantastiske i den Tanke, at sende Lys ud til en Bys forskellige Dele gennem underjordiske Rør, var vel egnet til at vække Mistillid og Modstand i en Tid, hvor tekniske Vidundere ikke som i vore Dage hørte til Dagens Orden. Hertil kom Indvendinger af mere reel Natur; man frygtede Gassens Brandfarlighed og dens ilde Lugt, der var meget generende den Gang, fordi man ikke forstod at rense den ordentlig. Men de tekniske Vanskeligheder blev efterhaanden overvundne paa en mere tilfredsstillende Maade, og Gassens Fortrin fremfor Datidens andre Belysningsmidler navnlig til Gadebelysning var saa »indlysende« — Ordet taget i bogstavelig Forstand —, at den efterhaanden maatte bane sig Vej overalt i de større Byer.

Medens selv det svage Lys fra en Kærte af Tælle, Voks eller Stearin i og for sig kunde være fuldt tilstrækkeligt ved Hjemmets Sysler, idet om fornødent hver enkelt Person kunde have sit Lys og anbringe det ganske tæt ved sig, var stærke Blus en uafviselig Betingelse for en god Gadebelysning. Men stærke Blus kunde man i ældre Tid ikke godt frembringe uden ved Baal eller Fakler, som det vilde blive altfor kostbart at vedligeholde til Stadighed i større Mængder. Indtil for et Par Aarhundreder siden var der da heller ikke ret mange Byer, hvor Offentligheden tog den Opgave op at belyse Gaderne om Aftenen, skønt deres Tilstand i Reglen var saadan, at det var næsten umuligt al færdes i dem i Mørke; hver enkelt Borger maatte da sørge for selv at lyse sig frem. En Jærnkurv med brændende Ved foran Raadhuset udgjorde Københavns

offentlige Belysning i det 16. Aarh. I Løbet at det 17. Aarh. blev der dog indført almindelig Gadebelysning i Paris, og efterhaanden fulgte andre Byer efter. Men det var kun en tarvelig Belysning, som kunde frembringes af de Tranlygter, som almindelig brugtes, indtil man indførte Gaslygterne, der nemt kunde indrettes til at udsende et langt stærkere Lys.

Ikke des mindre gik det kun langsomt med Gassens Fremtrængen, navnlig paa Fastlandet, hvor man forøvrigt mange Steder ikke anvendte Stenkulsgas, men Gas fremstillet ved tør Destillation af Træ. I Danmark var polyteknisk Læreanstalt i København vistnok det første Sted, hvor Gassen anvendtes, men hvad Gadebelysningen angaar, gik Odense i Spidsen (1853) og denne Bys Eksempel fulgtes først fire Aar efter af Hovedstaden.

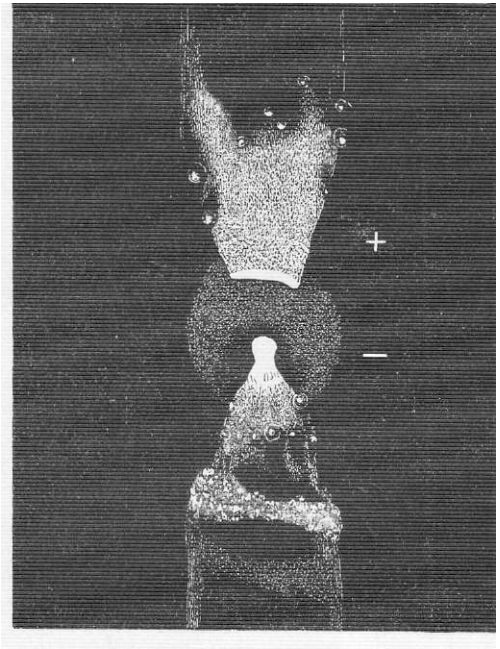


Fig. 143. Glødende Kulspidser.

Længe inden Gassen havde vundet almindelig Udbredelse, havde man imidlertid fundet en ny Lyskilde, som udsendte et langt mere straalende Lys end Gasblussene. Det var det elektriske Buelys, som Davy første Gang frembragte i Aaret 1811 ved sit store Batteri paa 2000 Elementer (S. 38). Naar han bragte to Stykker Trækul, der var forbundet hver med sin Ende af Batteriet, i Berøring med hinanden og derefter atter fjærnede dem fra hinanden, dannedes der imellem dem en straalende Lysbro, som kunde naa en Længde af en halv Snes Centimeter. Idet Forbindelseslinjen mellem Trækulstykkerne var vandret, bragte den opstigende varme Luft Lysbroen til at bøje sig opad i en Bue (Lysbuen); ogsaa naar Forbindelseslinjen mellem Kullene er lodret, bliver Lysbroen buet, men flytter da rundt, saa at Buen kommer til at vende til forskellige Sider. Forøvrigt er det ikke fra selve Lysbuen, men fra Kulstykkernes hvidglødende Spidser, at Størstedelen af Lyset udstraaler.

Nogen Betydning fik Buelyset dog ikke i den første Tid, blandt andet fordi Trækullene brændte meget hurtigt bort. Den franske

Fysiker Foucault — den samme som ved sine berømte Pendulforsøg direkte paaviste Jordens Bevægelse om dens Akse — indførte i 1844 den vigtige Forbedring i Stedet for Trækul at anvende Retortkul, d. v. s. en meget tæt og haard Kulmasse, som i Gasværkerne afsætter sig inden i Retorterne. Nu fabrikerer man en særlig Kulmasse til Brug ved Buelyset.

Fig. 143 viser et Par glødende Kulspidser; idet Strømmen føres fra det øverste til det nederste Kulstykke, gløder det første stærkest og fortæres hurtigst; det udhules derved til et Krater, hvorfra det stærke Lys sendes nedad, hvad der i Reglen er fordelagtigst. Dersom den elektriske Strøm frembringes af Vekselstrømsmaskiner og altsaa stadig skifter Retning, vil der selvfølgelig ikke blive nogen saadan Forskel paa de to Kulspidser. — Kulstængerne omgives i Reglen med en mat Glaskuppel, for at Lyset kan udgaa fra en større Flade og fordeles noget jævnere.

Foucaults Kulstænger brændte vel meget langsommere end Trækullene, men efterhaanden vilde Afstanden mellem Spidserne dog vokse og tilsidst blive saa stor, at Strømmen ikke kunde holde Lysbuen vedlige. For at raade Bod herpaa opfandt Foucault en elektromagnetisk Regulator, ved hvis Hjælp Strømmen selv sørger for stadig at holde Kulspidserne i den rette indbyrdes Afstand.

Skønt det ved Foucaults Opfindelser var blevet muligt at frembringe et jævnt og stadigt brændende Buelys, kunde denne Lyskilde dog først faa nogen nævneværdig Betydning i det praktiske Liv, efterhaanden som man lærte at frembringe stærke elektriske Strømme ved mekanisk Drivkraft. Desuden var Foucaults Regulatormekanisme noget indviklet, og" den kunde ikke gøre Fyldest, naar man vilde have flere Lamper til at brænde uafhængigt af hverandre i den samme Strømkreds; der blev gjort mange Forsøg i forskellig Retning, inden det lykkedes at konstruere fuldt tilfredsstillende Regulatorlamper, som dog nu findes i forskellige Former.

Den Omstændighed ved det elektriske Buelys, at der her fra en ganske lille Flade udstraaler en uhyre Lysmængde, gjorde det ganske særlig egnet til Brug i Fyrtaarne, og dette var da ogsaa en af de første vigtigere praktiske Anvendelser af Buelyset; her hvor der kun skulde brænde en enkelt Lampe, var Vanskelighederne ved Reguleringen ikke store, og Bekostningerne ved Frembringelsen af Lyset havde ikke saa stor Betydning, hvor vigtige Søfartsinteresser kom med i Spillet. I Løbet af Tresserne udførtes i enkelte Fyrtaarne elektriske Anlæg, hvor store Vekselstrømsmaskiner drevne ved Dampkraft frembragte Buelys med hundrede Gange saa stor Lysstyrke, som den, der kunde opnaas ved Oljelamperne. Der er ikke noget i Vejen for at faa de to glødende Kulspidser til at udsende ligesaa meget Lys som mange tusind Stearinlys. Det elektriske Buelys blev ogsaa tidligt anvendt ved Havnearbejder, Reparation af Broer og andre lignende Arbejder i det fri, som af en eller anden Grund skulde fremmes meget hurtigt. En enkelt eller nogle faa Buelamper,

som anbragtes højt over Arbejdspladsen, gjorde det muligt at forisætte Arbejdet om Natten.

Ved Belysning af store aabne Pladser og brede lige Gader kunde Buelysets store Lysstyrke komme til sin Ret, men i mange andre Tilfælde var det netop en Hindring for dets Anvendelse, at man kun kunde frembringe stærke Buelys og ikke var i Stand til at dele det i mange mindre Blus med et tilsvarende ringe Kraftforbrug. Det elektriske Lys kunde derfor først finde mere almindelig og alsidig Anvendelse, efter at Buelyset i det elektriske Glødelys, der udgaar fra glødende Traade havde faaet en Ledsager, der kunde gøre Tjeneste, hvor der var Brug for mindre stærke Blus.

Glødelyset er i og for sig ældre end Buelyset; thi den Iagttagelse, at den elektriske Strøm kan faa en tynd Metaltraad til at gløde, er omtrent ligesaa gammel som Kendskabet til Strømmen. Men det tog ved Glødelyset meget længere Tid end ved Buelyset at finde en Form, under hvilken det virkelig kunde anvendes i Praksis. Vanskeligheden laa deri, al alle Melaltraade, naar de bragtes stærkt i Glød, hurtigt brændte bort, smeltede over eller fordampede. Traade af Platin, som ikke angribes af Luften og først smelter ved 1800 Gr. C. kunde ganske vist nok benyttes; men man kunde dog ikke, uden at de smeltede over, ophede dem saa stærkt, at Glødelamper med Platintraad kunde give et kraftigt og økonomisk Lys.

Allerede for c. 60 Aar siden blev der stillet Forslag om og gjort Forsøg paa at anvende Kul i Stedet for Metal; Kullet kunde ikke smelte, og naar man anbragte den Kultraad eller tynde Kulstang, som skulde bringes i Glød af Strømmen, inden i en lufttom Beholder, kunde den heller ikke brænde bort. Det var imidlertid ikke saa let en Sag at tilvejebringe en baade tynd og stærk Kultraad og heller ikke at faa Beholderen tilstrækkelig lufttom. Først i 1879 lykkedes det Edison at løse Opgaven.

Thomas Alva Edison (f. 1847) er ubetinget den berømteste af Nutidens mange »Opfindere« ; og der kan da heller ikke nævnes nogen anden, hvis Navn er knyttet til saa mange forskellige betydningsfulde Opfindelser (fremfor alt Kultraadslampen, Kultelefonen og Fonografen). Vel har mange af Edisons Arbejder haft til Udgangspunkt Idéer, der var undfangede af andre, og det er ikke altid let at vide, hvormeget af det, der er udgaaet fra hans Laboratorium, der skyldes ham selv direkte, og hvormeget hans Medarbejdere; men naar det her Gang efter Gang er lykkedes at faa Bugt med tilsyneladende uovervindelige Vanskeligheder, der hindrede Idéernes Virkeliggørelse, saa kan der dog ikke være Tvivl om, at Aarsagen dertil maa søges i den enestaaende Forening af Snille og ubøjelig Energi, som findes hos Edison. Det er disse Egenskaber, der har ført ham frem paa hans ret æventyrlige Livsbane, fra han som Avisdreng paa Jærnbanen Port Huron-Detroit tjente Penge til sig og sine Forældre og samtidig eksperimenterede paa Kraft i en Pakvogn under Togkørslen, til han i New York lagde Grunden til sin

Anseelse og Rigdom ved en Opfindelse paa Telegrafiens Omraade. Under hans senere Virksomhed satte ikke mindst Arbejdet med den elektriske Glødelampe hans Taalmodighed paa en haard Prøve; men han vilde føre denne Sag, hvis Betydning han til fulde forstod, til Ende, og hans sejge Energi banede ham gennem utallige mislykkede Forsøg Vejen frem til del Maal, han havde sat sig.

Dette Maal var at tilvejebringe en Kultraadslampe, der virkelig fuldt ud tilfredsstillede det praktiske Livs Fordringer. Selv efter at det var lykkedes ham ved Glødning af Plantefibre at fremstille brugelige Kultraade, slog han sig ikke til Ro; men for at finde en

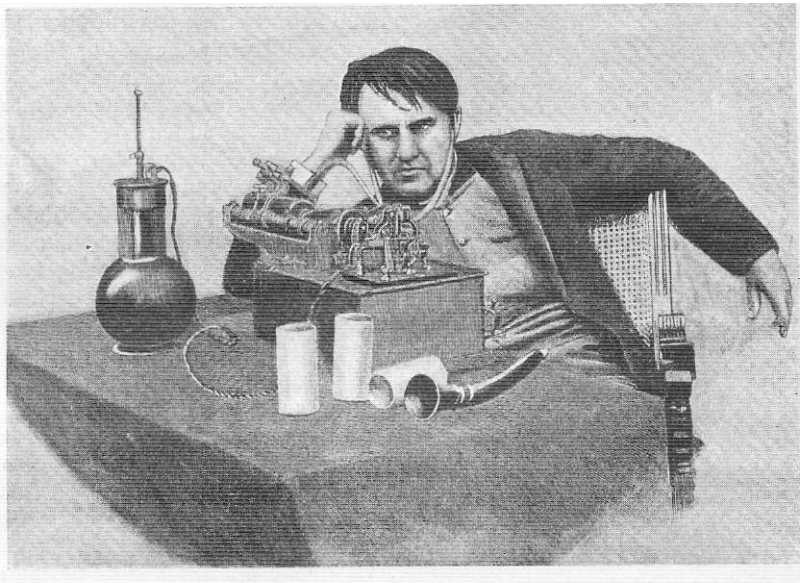


Fig. 144. Edison i sit Laboratorium, lyttende til Fonografen.

Plantefiber, som var særlig fortræffelig til dette Brug, udsendte han Mænd til fremmede Lande. Den Udsending, som skulde undersøge .lapans Planteverden, fandt her i Fibrene af den japanske Bambus, hvad Edison søgte.

Ved Edisons Kultraadslampe fik Udviklingen af den elektriske Belysning et mægtigt Stød fremad. Edison anlagde selv i New York et elektrisk Centralanlæg, som er blevet Forbilledet for saadanne Anlæg. Baade Treledersystemet (S. 51) og en saa vigtig Sikkerheds-indretning som Blysikringen (S. 55) indførtes først af Edison.

Fig. 145 viser en Glødelampe af Edisons Type. Kultraaden er anbragt inden i en pæreformet lufttom Glasbeholder, og dens Ender er fastgjort til Metaltraade, der er indsmeltede i Glasset. Af disse Metaltraade, som paa Figuren er antydede ved punkterede Linjer,

er den ene ført til en metallisk Skruegang om Glaspærens Hals, den anden til en Metalplade ved Enden af Halsen. Lampen fastskrues i en »Holder« med en anden metallisk Skruegang, der er i ledende Forbindelse med den Ledningstraad, som fører Elektriciteten til Holderen. I Holderens Bund findes en Metalfjeder, som er i Forbindelse med den Ledningstraad, som fører Elektriciteten fra Holderen. Ved at dreje et lille Haandtag eller »Hane«, kan man efter Behag trykke Fjederen stærkt mod Lampens Metalplade og derved slutte Strømmen gennem Lampen eller fjærne Fjederen fra Pladen og derved afbryde Strømmen og altsaa slukke Lampen. Foretrækker man at kunne tænde og slukke Lampen med en »Afbryder« andetsteds, f. Eks. paa Dørkarmen, er der i Lampeholderen i Stedet for Fjeder og Hane blot en lille fast Messingskive.

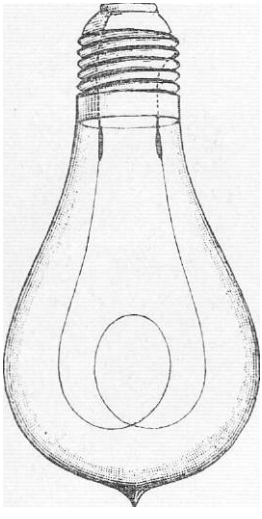


Fig. 145. En elektrisk Glødelampe af Edisons Type.

Medens Lampen gløder, flytter Kullet ganske langsomt fra Traaden og afsætter sig i Stedet for paa Glasset; efterhaanden bliver derved Traaden tyndere og Glasset mindre gennemsigtigt, saa at Traaden tilsidsi knækker over, forsaavidt Lampen ikke er kasseret forinden. Er Traaden særlig tynd paa et enkelt Sted, vil den gløde stærkest, og Kullet altsaa ogsaa fordampe stærkest netop paa dette Sted, hvor Traaden daarligst kan faale det. Det er derfor af stor Vigtighed, at Traaden er nøjagtig lige tyk overalt. Dette opnaar man ved at følge en Metode, som er angivet af en anden bekendt amerikansk Opfinder, Hiram Maxim; naar de forkullede Plantefibre glødes ved en elektrisk Strøm i et Rum, der indeholder luftformig Kulbrinte, vil denne spaltes i sine Bestanddele Brint og Kul, og dette sidste sætter sig paa Kultraaden; hvor Traaden er tyndest og derfor gløder stærkest, sætter der sig mest Kul Ved at lade Traaden gløde kortere eller længere Tid i Kulbrinten kan man regulere dens Tykkelse, saa at den faar netop den elektriske Ledningsmodstand, man ønsker. 1 Stedet for at bruge Plantefibre som Udgangspunkt fremstiller man nu i Reglen kunstige Kullraade af Cellulose.

Enhver Glødelampe er beregnet paa at sættes i Forbindelse med Ledningstraade med en ganske bestemt elektrisk Spændingsforskel og faar derved en bestemt Lysstyrke; overskrides denne Spænding, lyser Lampen stærkere, men Traaden gløder saa stærkt, at den for tidlig gaar itu eller bliver ubrugelig. Men forskellige Lamper kan indrettes for meget forskellige Spændinger og Lysstyrker; de Lamper, som hyppigst anvendes, har en Lysstyrke af 10, 16 eller 25 »Normallys«,

hvilket nogenlunde svarer til et lignende Antal almindelige Stearinlys. Lamper af denne Lysstyrke kan let indrettes for en Spænding af 110 Volt, hvilket indtil de sidste Aar har været den spænding, som hyppigst benyttedes ved de elektriske Anlæg i Byerne. Af Grunde, som tidligere er omtalt (S. 50), gaar man nu flere Steder op til 220 Volt; men det har voldt en Del Vanskelighed at konstruere Glødelamper, der er beregnede paa denne Spænding og den almindelige Lysstyrke; de maa nemlig have meget tynde kultraade.

I Løbet af faa Aartier var Tællelyset og Oljelampen blevet fuldstændig besejret og fortrængt til afsides Egne, medens Verden i deres Sted havde faaet de nye Belvsningsmidler, Gasblusset, Petroleumslampen og det elektriske Lys, mellem hvilke Kampen for Fremtiden skulde staa.

Under denne Kamp mellem Gas, Petroleum og Elektricitet syntes Gassen at have faaet den vanskeligste Stilling, idet den saa at sige var klemt inde mellem Stenoljen, der vilde holde den ude fra mange Hjem, navnlig paa Landet, og Elektriciteten, der vilde fortrænge den fra den offentlige Belysning. Da der i Firserne begyndte at vokse Elektricitetsværker frem i de store Byer, var der vel ogsaa mange, som forudsaa det Tidspunkt, da Gassen vilde have udspillet sin Rolle. Elektriciteten muliggjorde en langt mere straalende Gadebelysning, og naar Øjnene først havde vænnet sig til den, vilde Gasbelysningen synes mat og utilfredsstillende, ligesom det blev Tilfældet med Oljebelysningen, da Gassen begyndte at trænge frem. Inden Døre i alle Slags Forsamlings- og Forretningslokaler var Fordelene ved den elektriske Belysning endnu større og mangfoldigere. Medens et kraftigt Gasblus forbruger ligesaa megen Ilt og frembringer ligesaa megen Kulsyre som flere Mennesker ved deres Aandedræt og derved bidrager til at fordærve Luften, har en elektrisk Glødelampe slet ikke nogen saadan Virkning paa Luften og en Buelampe kun i forsvindende Grad. Endvidere vil en Glødelampe udvikle langt mindre Varme end et Gasblus af samme Lysstyrke, og Buelampens Varmeudvikling er forholdsvis endnu meget mindre (her er vel at mærke ikke Tale om Varmegraden, som netop er uhyre høj i Buelampen, men om den hele Varmemængde, som breder sig fra den ud i Rummet); denne ringe Varmeudvikling maa i Reglen betragtes som en Fordel ved det elektriske Lys, da Varmen fra Gasblussene ofte kan være meget generende (f. Eks i Teatre). Hertil kommer nu, at en elektrisk Glødelampe uden Fare kan anbringes paa mange Steder, hvor et Gasblus meget let kunde fremkalde Ildebrand f. Eks. i et Udstillingsvindu mellem brændbare Stoffer; fra den glødende Traad inde i den lufttomme Glasbeholder kan der ikke stige nogen hed Luftstrøm til Vejrs som fra Gasblusset; men Varmen udstraaler fra Traaden til alle Sider uden at opvarme den nærmeste Luft synderligt; heller ikke Glasbeholderen bliver meget varm; kun hvis man forhindrer Straalerne i at gaa frit ud i Rummet, f. Eks. idet man lægger et Klæde over Lampen, kan de opvarme Lampens

nærmeste Omgivelser saa meget, at let fængelige Sager kan antændes; selve Glasset kan paa denne Maade blive blodt af Varmen og bøje sig, som det er sket ved den Lampe, Fig. 146 viser. Endnu kan det nævnes som en Fordel ved det elektriske Lys, at mange Lamper kan tændes paa en Gang og paa Afstand; endvidere at Glødelamper let kan anbringes paa dekorativ Maade, og endelig at det elektriske Buelys er hvidere end Gaslyset og derfor bedre lader farvede Tøjer m. m. fremtræde med samme Farve som i Dagslyset.

Fig. 146. En elektrisk Glødelampe, der har bøjet sig ved Varmen fra kultraaden.

I Hjemmet var det særlig Petroleumslampen, Gassen skulde konkurrere med. Om en saadan Konkurrence kunde der nu for det første kun blive Tale i Byer eller tæt bebyggede Landdistrikter, hvor Betingelserne fir Gasanlæg var til Stede. Men selv, hvor der var Adgang til Gas, var der ikke meget, der talte for, men adskilligt, der talte imod at indføre den. Vel vilde man ved Gassen slippe for nogen Ulejlighed; men til Gengæld kunde man risikere ilde Lugt og andre Ulæmper ved Udstrømning af Gas, og desuden var Gasblussene bundne til bestemte Steder, medens en Lampe kunde anbringes hvorsomhelst og flyttes efter Behag. Da man nu tillige ved Petroleumslamper let kunde faa Blus, der var stærke nok til at opfylde de Krav, der stilledes i Hjemmene, er det forstaaeligt, at Gasbelysningen her ikke kunde faa meget stor Udbredelse. Langt bedre Betingelser havde ogsaa her det elektriske Lys, thi de fleste af de ovenfor nævnte Fordele gør sig ligesaa ve! gældende i Privatboliger so in i offentlige Lokaler, og selv om en elektrisk Glødelampe ikke just kan flyttes saa frit omkring som en Petroleumslampe, er den dog langt bevægeligere end et Gasblus, idet den ved en lang bøjelig Snor med to isolerede Metaltraade kan forbindes med elektriske Ledninger forskellige Steder i et Værelse og bruges som Bordlampe, Hængelampe og Væglampe m. m. Fig. 147 viser en elektrisk Bordlampe med Kuppel, som er helt lukket foroven.

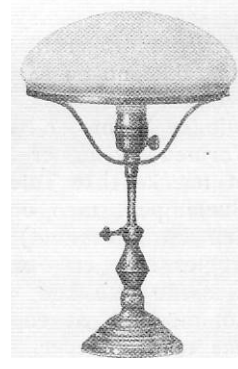


Fig. 147. En elektrisk Bordlampe.

Men om end Gassen ikke ret har kunnet vinde Indgang i Dagligstuen, er den alligevel trængt ind i Hjemmene, idet den er gaaet Køkkenvejen. Det var i ældre Tid meget besværligt, naar man for at faa kogt en Smule Vand eller varmet lidt Mad udenfor de regelmæssige Tider maatte fyre op paa et Ildsted; ved saadanne Lejligheder vilde aabenbart en Gasflamme, der kunde tændes i et Øjeblik og straks kunde virke med fuld Kraft være at

foretrække. Men holder man et Kogekar tæt ned til en almindelig Gastlamme, vil den ligesom enhver anden Flamme sode, og vil man undgaa dette ved at holde Karret højt over Flammerne, gaar en stor Del af Varmen til Spilde. For at Gassens Anvendelse Iil Kogning o. lgn. kunde blive praktisk og økonomisk, maatte man altsaa frembringe en Flamme, der ikke kunde sode.

Det var den tyske Fysiker og Kemiker Robert Bunsen, som paa en saare simpel Maade løste Problemet. Saa vel Gassen som de Dampe, der stiger op fra Vægen i en Petroleumslampe, bestaar for en stor Del af Kulbrinter. I Flammens Overflade brænder de med Luftens Ilt til Kulsyre og Vand under stærk Varmeudvikling; men lidt længere inde har Kullet og Brinten under Paavirkning af Varmen fra det yderste Lag skilt sig fra hinanden. Kullet udskiller sig som et fint, glødende Kulstøv, og det er netop fra dette Støv, Flammens Lys udgaar. Holder man nu et Kogekar ned i Flammen, vil en Del af Kulstøvet sætte sig som Kulfnug eller Sod paa Karret, dels fordi Kulstøvet afkøles, dels fordi Karret spærrer Vejen for den Luft, der skulde bruges til Kullets Forbrænding. Fører man imidlertid rigelig Luft ind i Flammen, foregaar Forbrændingen saa livligt, at Kullet slet ikke naar at skille sig ud fra Brinten i Form af Kulstøv. Flammen bliver derfor ikke lysende eller rettere meget svagt lysende, og tillige mister den Evnen til at sode. Dette var fra gammel Tid vel kendt, idet man ved Pustning af Glasrør og andre Arbejder tilvejebragte en hed og ikke sodende Flammespids ved at blæse ind i Flammen gennem et Rør (Blæserørsflammen), men til Husholdningsbrug o. desl. kunde man naturligvis ikke indlade sig paa at sidde og blæse Luft ind i Gasflammen. Naar man i Laboratorier skulde bruge en hed og renlig Flamme, tog man i Reglen sin Tilflugt til Spritlampen, der som bekendt ikke soder. Da fandt Bunsen for c. halvthandrede Aar siden paa at lade Gassen selv trække den fornødne Luftmængde til sig. I den berømte »Bunsenbrænder«, som nu til Dags findes i mange Eksemplarer paa hvert kemisk Laboratorium, udmunder Gasrøret i den nederste Ende af et lodret Rør *(ee* Fig. 148), hvis øverste Ende er helt aaben, medens den nederste er forsynet med Lufthuller d; idet Gassen strømmer ud, suger den Luft ind gennem disse Huller; i Røret blandes saa Gassen og Luften, og ved Mundingen brænder denne Blanding med en ikke lysende Flamme, som ikke soder, selv om man holder en Genstand

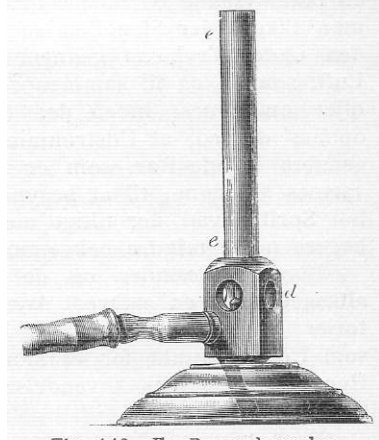


Fig. 148. En Bunsenbrænder.

helt inde i den. Tillige er denne Flamme meget hed, hvilket bidrager til, at Varmen hurtigt kan afgives til Karret; ogsaa herved formindskes den Varmemængde, som gaar bort med den opstigende Luft.

Princippet i de moderne Gaskogeapparater er ganske det samme som i Bunsens Lampe, blot er Røret, hvori Gas og Luft blandes, i Reglen vandret og ikke lodret, og Blandingen strømmer ud af Huller eller Revner i en Ring. Opfindelsen af disse Apparater har medført en overordentlig Lettelse i Arbejdet med Madlavning paa Steder, hvor der er Adgang til Gas; i talrige mindre Husholdninger bruges der slet ikke mere Kul eller Brænde ved Madlavningen, og selv i større Husholdninger kan man nu helt nøjes med Gas, idet man i Stedet for eller sammen med de omtalte Gaskogeapperater bruger Gaskomfurer eller Gasstegeovne.

Langt vanskeligere er det at fremstille en Petroleumsflamme, som ikke kan sode; thi medens Gassen strømmer ud af Rørene under Tryk og derved faar Fart paa til, inden den tændes, at gaa en lang Strækning og paa denne indsuge Luft, stiger Petroleumsdampene kun op fra Vægen paa Grund af Varmen fra Flammen, og denne maa derfor være tæt ved Vægen. Ved Petroleumskogeapparater, som i vidt Omfang bruges, hvor man ikke har Adgang til Gas, har man derfor som oftest holdt sig til den almindelige lysende Flamme, der maa anbringes langt under Kogekarret; ved forskellige skorstensagtige Indretninger har man saa søgt saa godt som muligt at lede al den ophedede Luft op til Kogekarret. I Petroleumskogeren »Primus« og andre lignende Konstruktioner frembringes imidlertid en ikke lysende og ikke sodende Flamme (en »Bunsenflamme«), idet man ikke lader Stenoljen suges op gennem en Væge, men driver den under Tryk ud gennem et fint Rør; Trykket frembringes af Luft, som af og til sammenpresses ved en lille Trykpumpe, og Stenoljen omdannes, inden den træder ud af Røret, til Damp. Dette opnaas derved, at Ddstrømningsrøret er forbundet med Beholderen gennem bøjede Rør, som er ført op over Flammen og altsaa opvarmes af denne; til at begynde med maa disse Rør forvarmes ved lidt Sprit, hvad der tillige med Trykpumpen gør disse Petroleumskogere noget mindre bekvemme at anvende end Gaskogere.

Bunsens Brænder og de deraf fremgaaede Gaskogere skaffede altsaa Gassen en udbredt Anvendelse til Kogning o. 'lgn. i Laboratorier og Køkkener; men vi kan ogsaa betragte Bunsenbrænderen som Udgangspunkt for et stort og betydningsfuldt Fremskridt med Hensyn til Gassens Anvendelse til Belysning, nemlig Indførelsen af Gasglødelyset.

Naar man vil frembringe et kraftigt Lys derved, at man først tilvejebringer en høj Temperatur, maa man altid sørge for, at det ikke blot er Luft, men faste Legemer, der faar denne Temperatur, og jo højere den er, des bedre; thi naar Temperaturen vokser, vil Lyset vokse i langt stærkere Forhold end Varmeudstraalingen fra

Legemet. Forskellige Luftarter kan vel ogsaa ved stærk Opvarmning bringes til at udsende en Del Lys; men synderlig stærkt Lys kan vi ikke frembringe paa denne Maade. I en almindelig lysende Flamme er det, som tidligere nævnt, det glødende Kulstøv og ikke de ophedede Luftarter, der udsender Hovedmassen af Lyset.

Ved daarlig Lufttilførsel vil en Gasflamme, selv om den ikke just oser, kun give et daarligt, rødligt Lys, og Grunden hertil er netop, at det glødende Kulstøv, som udsender Lyset, ikke faar ret høj Varmegrad. Ved bedre Lufttilførsel, faar Kulstøvet højere Varmegrad; Lyset bliver hvidere, og man faar mere Lys ved samme Gasforbrug; men da der ved stærk Lufttilførsel tillige udskiller sig mindre Kulstøv i Flammen, naar man snart en Grænse, ved hvilken Lysmængden ikke mere tiltager, men tværtimod begynder at aftage; blandes Gassen helt med Luft som i Bunsenbrænderen, bliver Flammen, som før omtalt, ikke lysende, fordi der slet ikke udskiller sig noget Kulstøv, som kan udsende Lys. Man kan imidlertid drage Nytte af den høje Varmegrad i en Bunsenflamme eller i en anden hed, ikke lysende Flamme til Belysningsformaal, idet man erstatter det manglende Kulstøv ved et eller andet fast Legeme, som anbringes i Flammen og bringes stærkt i Glød ved dens Varme. Lys, som frembringes paa denne Maade, plejer man at betegne som Glødelys for at adskille det fra det almindelige Flammelys, skønt dette jo egentlig ogsaa kunde gøre Krav paa Betegnelsen Glødelys.

Knaldluft, d. v. s. en Blanding af 2 Maa] Brint og 1 Maal Ilt, brænder, idet Brinten og Ilten forener sig, med en Flamme, som ikke lyser, men er meget hed, og den egner sig derfor godt til Glødelys. Allerede 1826 har Drummond benyttet denne Flamme til at bringe et lille Stykke brændt Kalk stærkt i Glød; bragt ind i Flammen udsendte Kalken et straalende Lys, som man i de følgende Aar brugte til Fyrtaarne og senere til Lysbilleder og Lysmikroskop. Derfra Navnene: Kalklyset, Drummonds Lys, Hydrooxygengasmikroskopet (Hydrogen=Brint, Oxygen=Ilt).

Saa længe man imidlertid maatte skaffe Ilten og Brinten ad kemisk Vej, var det for vanskeligt og kostbart til, at Lyset kunde vinde større Udbredelse.

Udsigten hertil voksede, da man begyndte at fremstille disse Luftarter ved Vandets Adskillelse ved Hjæip af den elektriske Strøm; og ved Forsøgsmøllen i Askov blev et større Belysningsanlæg, navnlig til Højskolens Oplysning bragt i Stand i 1895. Brint og Ilt, der bogstavelig blev lavet af Regn og Blæst, idet Regnen var det Stof, der blev adskilt, og Blæsten frembragte den Elektricitet, der besørgede Adskillelsen, blev først opsamlet i hver sin Gasbeholder. Herfra blev de ledet i hver sit Blyrør til de Lokaler, der skulde oplyses, og Fig. 149 giver et Gennemsnit af den her anvendte Lampe. *A* og *B* er Tilledningsrørene, E et lille Blandingsrum, *a* og *b* to Skruer, der kan indstilles saaledes, at Blandingen bliver rigtig, saaledes, at naar den strømmer ud ved C, hvor den tændes, giver den

en Flamme paa 3—4000 Grader. Glødelegemet *D* var ikke af Kalk, der her hurtigt vilde blive ødelagt, men dannet af Zirkon. Det er kun paa Størrelse med en Nøddekærne, men er fastsmeltet paa en Lerpind, der atter holdes af en Metalklo.

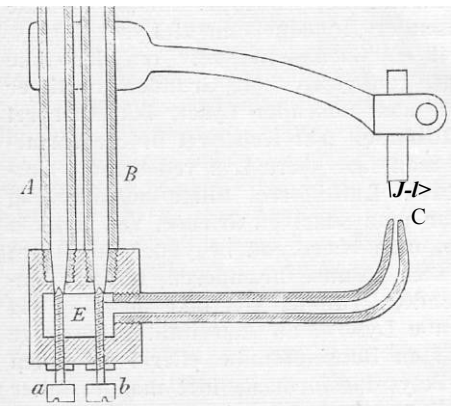


Fig 149. Knaldluftslampe fra Askov.

Dette Lysanlæg fungerede i 7 Aar; men blev da afløst af et direkte elektrisk, efter at det var lykkedes at faa Vinden til at drive et saadant. De Fordele, som Elektriciteten har fremfor Gas, findes nemlig ogsaa overfor Knaldluftlyset, tilmed da man her maa have 2 Rørledninger til hver Lampe.

Med Gassen har der været gjort mange Forsøg paa at tilvejebringe et praktisk og økonomisk Glødelys. Ved at tillede Luften til Gassens Forbrænding paa en saadan Maade, at den blev forvarmet af Forbrændingsprodukternes Varme, opnaaede F. Siemens i Dresden at frembringe en Flamme med endnu højere Temperatur end den almindelige Bunsenftamme; og naar en Ring af ildfaste Stoffer (Kalk og Zirkon) bragtes i Glød af denne Flamme, fik man et kraftigt og økonomisk Lys. Men paa en langt simplere og fuldkomnere Maade blev det muligt at naa delte Resultat ved de fine Glødenet, som Auer v. Weisbach i Wien konstruerede og efterhaanden forbedrede i Løbet af Firserne og Halvfemserne, og som anbringes over en Bunsenbrænder.

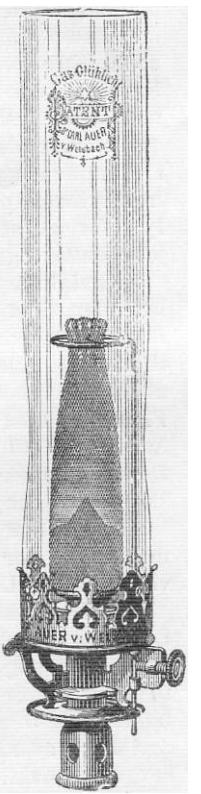


Fig. 150. En Gasglødebrænder med Net og Glas.

De Auerske Net bestaar af Forbindelser af visse sjældne Stoffer (nu navnlig Thorium), som har en ejendommelig Evne til, naar de glødes, at udstraale mere Lys end andre Stoffer ved en lige saa høj Temperatur. Endvidere vil disse Net, fordi de er saa tynde og tillige leder Varmen meget daarligt, ikke kunne bortlede nogen kendelig Del af Flammens Varme. Endelig begunstiger deres Form (som en Fingertut paa en Vante), at Gassens Forbrænding væsentlig finder Sted langs Nettet.

For at faa et saadant Net strikker man først af Bomuldstraad> et Net af den ønskede Form; dette dyppes i en Vælling af de om-

talte Stoffer, og efter at det er tørret, kan Bomulden bortbrændes; tilbage bliver saa et Askeskelet, som netop er det ildfaste Net, som skal bruges. Nettet er meget skørt, men kan, naar det behandles med Forsigtighed, holde længe. I Reglen foregaar Afbrændingen først, naar Nettet tages i Brug.

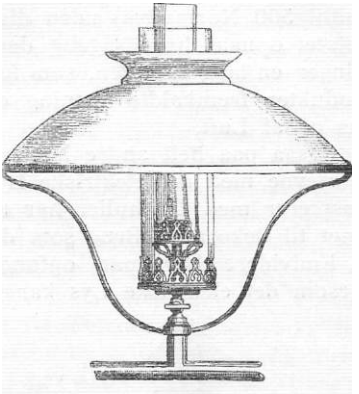


Fig. 151. Gasglødelampe med Forvarmning af Luften.

Ved Indførelsen af Auers Gasglødelys blev Gassens Betingelser for at konkurrere med det elektriske Lys forøget overordentligt. Fra det glødende Net udgaar et straalende Lys, som vel ikke er saa hvidt som det elektriske Buelvs, men imod hvilket det elektriske Glødelys synes rødligt. Til at frembringe en bestemt Lysstyrke bruges der langt mindre Gas ved Gasglødelys end ved almindelige Gasblus, der forbruges derfor ogsaa meget mindre Luft og udvikles mindre Varme, og — hvad der ikke er mindst vigtigt — Lyset er langt billigere. Glødenettet i en Auerlampe vil udsende mindst 3—4 Gange saa meget Lys som Gasflammer ved samme Gasforbrug, selv naar disse frembringes ved gode Brændere.

Fig 152. Lucasiampe

Paa forskellige Maader har man søgt dels yderligere at indskrænke det til en bestemt Lysstyrke svarende Gasforbrug, dels at frembringe meget stærke Blus, som kan konkurrere med elektriske Buelamper.

I den Anledning har man ved nogle Auerbrændere indført Forvarmning af Luften (eller Gassen) ligesom ved de ovenfor omtalte Siemensbrændere. Fig. 151 viser en Lampe, ved hvilken en saadan Forvarmning fremkaldes paa en meget simpel Maade; udenom det egentlige Lampeglas er der anbragt et andet Glas, som er lukket forneden (under Brænderens Lufthuller), saa at Luften, inden den træder ind i Brænderen, maa passere ned gennem de to Glas, hvorved den opvarmes noget.

Større Resultater har man opnaaet ved at forøge det Tryk, som driver Gassen ud af Rørets Munding. Herved forøges Lysstyrken i langt stærkere Forhold end Gasforbruget, og man kan let naa op til Lysstyrker af flere hundrede Normallys som ved de almindelige elektriske Buelamper. Men naar Gassen tages fra almindelige Gasled-

ninger, maa man anvende særlige Mekanismer (smaa Vand-eller Gasmotorer) for at frembringe det stærke Gastryk. Det er imidlertid lykkedes den tyske Ingeniør Lucas at frembringe meget stærke Blus (indtil 500 Normallys) uden disse besværlige Foranstaltninger; Resultatet opnaas hovedsagelig derved, at han over Lampeglasset anbringer en lang Skorsten, som forøger den af de varme Forbrændingsprodukter fremkaldte Sugning og dermed Tilstrømningen baade af Gas og af Luft.

Ogsaa paa helt andre Maader har man forøget Gassens Konkurrenceevne med det elektriske Lys. Ved at indeslutte Gasglødelyset i Glaspærer med Lufthuller har man saaledes søgt at gøre det ligesaa egnet til dekorativt Brug som det elektriske Glødelys.

Endvidere har man opfundet flere Midler, ved hvilke Gassen ligesom det elektriske Lys kan tændes paa Afstand, eller i alt Fald uden at man behøver at føre en Tændstik eller anden Flamme hen til Brænderen. Til »Selvtænding« af Gasblus kan man blandt andet anvende »Platinsvamp«, det vil sige meget fint fordelt Platin, der har den Egenskab, at det begærligt indsuger en Mængde Gas og derved bliver glødende; anbringer man lidt Platinsvamp i en Gasbrænder udenfor Rørmundingen, vil den udstrømmende Gas, naar der aabnes for Hanen, tændes af det glødende Platin. Man kan imidlertid ogsaa faa Gassen tændt ved en elektrisk Gnist, som frembringes udenfor Rørmundingen umiddelbart efter Hanens Aabning. For at være sikker paa, at Tændingen indtræder, maa man dog tilvejebringe en hel Række Gnister, navnlig naar flere Blus faar Gas fra samme Hane. Ved Multipleks-Systemet opnaas dette derved, at en lodret Fjeder med en tung Vægt forneden sættes i Svingninger, som vekselvis slutter og afbryder Strømme i en Ledning, der fra et Batteri fører til den tykkeste Traad i en Induktionsrulle (se S. 44); i den tyndeste Traad opstaar der da Induktionsstrømme, som frembringer Gnister i en eller flere Gasbrændere, til hvilke der fører en Ledning med smaa Afbrydningssteder ud for Rørmundingerne. — Det er ovenfor forudsat, at man kan naa al dreje Hanen, men ogsaa

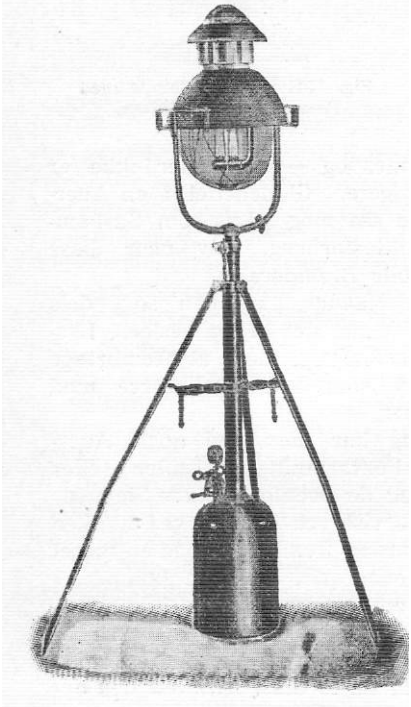


Fig 153. Kitson-Lampe til Ingeniørarbejder.

dette Arbejde kan besørges paa Afstand af en elektrisk Strøm, der sætter en elektromagnetisk Mekanisme, som aabner eller lukker for Gassen, i Virksomhed. Det bliver saaledes muligt fra et enkelt Sted at tænde Gasblussene i vidt adskilte Dele af en Brandstation, en Banegaard o. s. v.; ja, selv ved Tænding af Gadetygter er denne »Fjærntænding« anvendt i det mindste forsøgsvis.

Indførelsen af Gasglødelyset har naturligvis fremkaldt en Mængde Forsøg paa at tilvejebringe et Petroleumsglødelys, ved hvilket Lysstyrken kunde forøges og Forbruget formindskes for Petroleum paa lignende Maade som for Gas ved Auers Opfindelse.

Man kan naa dette Maal, idet man paa ganske samme Maade som foran (S. 174) beskrevet ved Primusapparatet, frembringer en Bunsenflamme af Petroleumsdamp blandet med Luft og anbringer et Glødenet i Flammen. Kitson i Amerika er vistnok den, der tidligst ad denne Vej har uddannet et System for Petroleumsglødelys. Fig. 153 viser en Kitson-Lygte, som er bestemt til at bruges ved Ingeniørarbejder, og hvor der derfor ikke er taget Skønhedshensyn. Forneden ses Petroleumsbeholderen (der ved Gadelygter gemmes i Lygtens Fodstykke); ved en Luftpumpe indpumper man i denne Beholder Luft, som udøver et stærkt Tryk paa Petroleumens Overflade; gennem et Rør ledes Petroleumen op til Lampen, der her har to Flammer og Glødenet, og den forvandles, inden den træder ud, til Damp, idet Røret er ført hen over Flammerne. Til at begynde med opvarmes Røret enten med Sprit ligesom ved Primusapparatet eller paa anden Maade. Ved vanskeligt tilgængelige Lamper ledes en Del af den sammenpressede Luft gennem en særlig Rørledning til en »Karburator«, d. v. s. en lille Beholder med Petroleum eller anden brændbar Vædske, og efter at Luften her har optaget Dampe af denne Vædske, ledes den videre op til Lampen, hvor den brændbare Blanding saa kan tændes ved en elektrisk Gnist og opvarme det Rør, der fører Petroleum til Brænderen, indtil den herved dannede Petroleumsdamp selv kan overtage Arbejdet. — Af andre Systemer for Petroleumsglødelys, der virker efter væsentlig samme Principper som Kitson-Systemet, kan nævnes Lux-Systemet, ved hvilken det Tryk, som driver Petroleumen op til Lampen, frembringes ved Kulsyre fra en Beholder med sammenpresset (flydende) Kulsyre i Stedet for ved en Luftpumpe.

Det er en næsten utrolig Lysvirkning, Petroleum kan frembringe, naar den som brændende Damp og under stærkt Tryk strømmer ud mod et Glødenet. Den i Fig. 153 afbildede Lampe med Dobbeltbrænder udsender et straalende hvidt Lys af c. 1000 Normallys' Styrke — altsaa som over 60 af de almindelige mindre elektriske Glødelamper — og bruger dog kun $^{x}/_{4}$ Liter (Pot) Petroleum i Timen! Man maa jo imidlertid tage med i Betragtning, at Anskaffelsesomkostningerne for Lamper med alle de ovenfor anførte Indretninger er ret betydelige, hvad der naturligvis navnlig vejer tungt i Vægtskaalen, hvor der i Forvejen findes Gas- eller Elektricitetsværker med

Ledningsnet, til hvilke ny Lamper kan sluttes uden stor Bekostning. Lampens Pasning kræver desuden en Del Arbejde.

Medens Systemer som de ovenfor beskrevne egner sig for Belysning i fri Luft og store Rum, maatte et Petroleumsglødelys, der skulde vinde almindelig Indgang i Hjemmene, frembringes med simplere Midler. Forsøgene i denne Retning gaar i Reglen ud paa at tilvejebringe en Glødelysbrænder med Væge. En af Vanskelighederne herved — nemlig den forsvindende ringe Afstand mellem Flamme og Væge — er allerede fremhævet S. 174. I Stedet for at lade Flammens Varme direkte fremkalde den fornødne Fordampning af Petroleum fra Vægen, kan man imidlertid lade Flammen ophede en meget stor Spreder, fra hvilken der saa ved Udstraaling eller Ledning gennem Metal sendes Varme til Vægen. Der kan da blive et ret betydeligt Mellemrum af Petroleumsdamp mellem Vægen og den egentlige Flamme og ikke des mindre vedligeholdes en livlig Fordampning. Det gælder nu om at lede Lufttrækket paa en saadan Maade, at Petroleumsdampen paa sin Vej fra Vægen til Flammen bliver fuldstændig blandet med Luft, saa at man faar en »Bunsenflamme«, der kan ophede et Glødenet.

Efter Principper som de ovenfor antydede er der konstrueret adskillige Glødelys-Vægebrændere, der kan anbringes paa enhver større Petroleumslampe og giver betydelig større Lysstyrke med mindre Petroleumsforbrug end en kraftig Brænder uden Glødenet. Fig. 154 viser en saadan Petroleumsglødebrænder, »Stellabrænderen«. I Danmark har L. C. Nielsen, Opfinderen af Maglekildecentrifugen, konstrueret en anden Brænder, »Danbrænderen«, der nu efter forskellige Forbedringer kan virke tilfredsstillende. Men Lamper med Glødelys kræver allerede paa Grund af Glødenettets Skørhed en omhyggelig og forsigtig Behandling.

Fig. 154. Eli Petroleumsglødebrænder.

I de senere Aar har Stenkulsgassen og Stenoljen faaet flere ny Konkurrenter i forskellige andre brændbare Stoffer.

Den vigtigste af disse er Acetylengassen, hvis Fremstilling er omtalt andetsteds (S. 135). Da Acetylenet indeholder meget Kulstof, udskiller der sig meget glødende Kulstøv i Acetylenflammen, og da denne tillige har en høj Varmegrad, er den stærkt lysende. Man skulde da ikke tro, at der her var Grund til at gaa over fra Flammelys til Glødelys; ikke des mindre har Glødelyset selv under disse Omstændigheder hævdet sin Overlegenhed; dog har det voldt nogen Vanskelighed at fremstille et praktisk anvendeligt Acetylenglødelys.

Fig. 155 viser et Acetylengasværk med Gasbeholder. Saadanne Gasværker har fundet ikke ringe Anvendelse f. Eks. til Belysning af Hoteller o. lgn paa Steder, hvor der ikke findes Stenkulsgasværker.

I mange Byer bliver Acetylenet endogsaa anvendt i Gadelygter (i Danmark bl. a. i Skelskør). — Skønt det er muligt at lave Acetylengasværker saa smaa, at de kan anbringes i en Haandlygte, vilde det ved flere Lejligheder være mere bekvemt at have færdigdannet Acetylen til Baadighed, og man har søgt at anvende flydende Acetylen, sammenpresset i Staalflasker. Senere har man imidlertid fundet, at en Vædske, der kaldes Aceton, kan opsuge betydelige Mængder af Acetylen, og denne Opløsning skal frembyde langt ringere Eksplosionsfare end flydende Acetylen; den skulde særlig egne sig til at anvendes til Togbelysning.

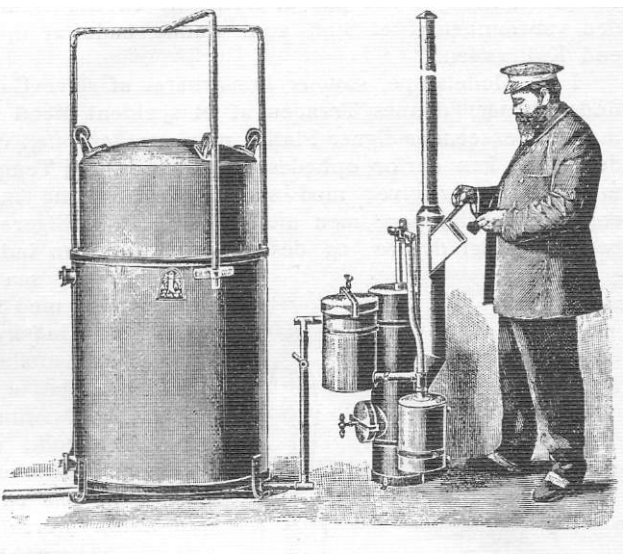


Fig. 155. Et Acetylengasværk med Gasbeholder,

Ogsaa Spiritus har man i den nyeste Tid begyndt at anvende til Belysning, idet man har konstrueret Spiritusbrændere til Glødelys.

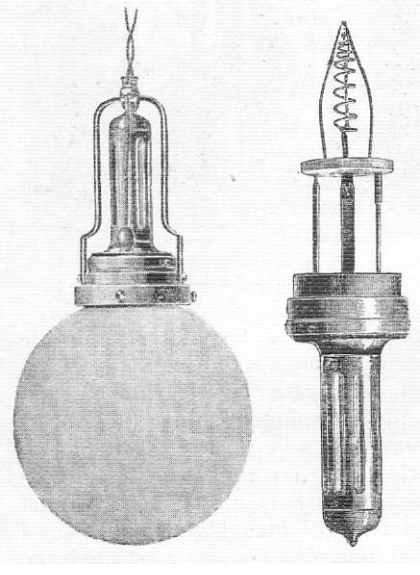
Endnu kan nævnes det meget let flygtige Petroleumsdestillat Gasolin, som ogsaa bliver brugt til Belysning og tillige til Madlavning i dertil indrettede Ovne ligesom Gas.

Til Trods for de store Fremskridt, der har fundet Sted paa Gasbelysningens Omraade, har den elektriske Belysning stadig vundet større Udbredelse. Noget af Grunden hertil maa utvivlsomt søges i det By, den nu en Gang har vundet som den fineste, mest moderne Beh'sning; men det kan ikke bestrides, at den virkelig ogsaa er bekvemmere, renligere og i de fleste Tilfælde smukkere end Gassen; det elektriske Buelys er tillige et meget økonomisk Lys, naar de store Lysmængder, det udsender, virkelig kan udnyttes. Det samme kan derimod paa ingen Maade siges om det elektriske Glødelys, med mindre Elektriciteten kan frembringes meget billigt ved Vand- eller Vindkraft; i Byer, hvis Elektricitetsværker drives ved Dampkraft, vil elektrisk Glødelys næsten altid være meget dyrere end Gasglødelys af samme Lysstyrke, og denne Omstændighed har naturligvis mange

Steder hindret Indførelsen af det elektriske Lys eller endog bevirket en Tilbagevenden fra Elektricitet til Gas.

Aarsagen til, at det elektriske Glødelys er langt mindre økonomisk end Buelyset, maa fremfor alt søges deri, at den tynde Kultraad ikke taaler at ophedes til blot tilnærmelsesvis samme Temperatur, som de glødende Kulspidser har i Buelyset. Der er derfor sat meget Arbejde ind paa at fremstille en Glødelampe, hvor Traaden var dannet af et Stof, som kunde taale at ophedes stærkere end Kultraaden.

I en Glødelampe, som er konstrueret af selve Gasglødelysets Opfinder, Auer, dannes Traaden af et sjældent Metal Osmium, der i mange Henseender ligner Platin, men smelter langt vanskeligere end dette; det kan derfor ophedes til en meget høj Temperatur, og Osmiumlampen giver med samme Kraftforbrug meget mere Lys end Kultraadslampen; men medens Lyset er billigere, er selve Lampen betydeligt dyrere og desuden kan den kun indrettes for smaa Spændinger, saa at der i Ledningsanlæg med 110 Volts Spænding maa indskydes flere Lamper i Serie mellem den positive og den negative Ledning (se S. 50). Da Osmiumtraaden taaler Rystelser godt, er denne Slags Lamper blevet anvendt til Togbelysning paa en tysk Bane.



Fig, 156. Nernstlampe med Kuppel og med Kuplen aftaget.

Langt større Betydning halen af Tyskeren Nernst opfundet Glødelampe faaet. I denne Nernstlampe udgaar Lyset fra en Stift af Magnesia eller andre ildfaste Stoffer. Disse Stoffer leder imidlertid kun Elektriciteten, naar de er glødende, ikke naar de er kolde. Naar Lampen skal tændes, maa man derfor til at begynde med opvarme Stiften; i den Anledning er der uden om denne anbragt en Spiral af Platintraad, der er opvundet paa en tykkere Traad af det ildfaste og isolerende Stof Asbest eller paa et tyndt spiralbøjet Porcellænsrør. Naar Strømmen ledes til Lampen, gaar den til at begynde med igennem Platintraaden, som derved gløder og sender Varme til Magnesiastiften; en lille elektromagnetisk Mekanisme, som i Fig. 156 er skjult i Lampens Overdel, sørger for at afbryde Strømmen gennem Platintraaden, saa snart Stiften er blevet varm nok til selv at lede Strømmen,

som da bringer den stærkt i Glød; del er naturligvis i mange Tilfælde en Ulempe, at Lampen først nogen Tid efter Tændingen giver sit fulde Lys. Den glødende Stift indesluttes i Reglen i en Glasklokke; men denne er ikke som ved Kultraadslampen lufttom. Nernstlampen giver et hvidere og billigere Lys end Glødelamperne, og de større Nernstlamper kan i mange Tilfælde med Fordel træde i Stedet for mindre Buelamper, blandt andet, fordi Buelamper ikke kan indskydes enkeltvis mellem Ledninger med 110, endsige 220 Volts Spændingsforskel, medens Nernstlamper let kan indrettes baade for 110 og 220 Volt.

Skal man tilvejebringe en Lysmængde paa 1000 Normallys ved almindelige Kultraadslamper, bliver Kraftforbruget 3—4 Kilowatt eller 4—5 Hestekræfter (se S. 49), men ved Nernstlamper kun omtrent Halvdelen og ved almindelige Buelamper c. en Femtedel.

Endnu større Økonomi kan man naa ved de af Tyskeren Bremer Jionstruerede Buelamper. I disse er Kullene ikke anbragt lodret og i hinandens Forlængelse, men skraat, saaledes at de nærmer sig hinanden forneden; endvidere er Kullene gennemtrængt med visse Metalforbindelser. Lysstyrken kan ved Bremerlampen blive betydelig større, endog 2—3 Gange saa stor, som ved den almindelige Buelampe med samme Kraftforbrug. Lyset fra Bremerlampen er noget uroligt og tillige farvet, hvad der til almindeligt Brug nærmest maa betragtes som en Ulempe.

I Bremerlampen udgaar en Del af Lyset fra Dampe, der ved den høje Varmegrad udvikles af de omtalte Metalforbindelser; her bidrager Lyset fra luftformede Stoffer ved høj Temperatur altsaa noget til Lysvirkningen. Ved Elektriciteten er det imidlertid ogsaa muligt at bringe Luftarter til at udsende et ret kraftigt Lys, uden at de er stærkt ophedede.

Tesla (S. 53) har frembragt saadant »Luftartslys« ved at sende meget hurtigt vekslende og højt spændte Vekselstrømme gennem et Glasrør med fortyndet Luft (Vakuumsrør). Han mener, at man ved dette »kolde Lys« vil kunne naa videre frem i Økonomi end ved de glødende faste Legemer, som altid udsender en stor Mængde Varme, der ikke bidrager til Lysvirkningen og altsaa betyder et spildt Kraftforbrug. Moore har i New York oplyst forskellige Sale med store Vakuumsrør, men videre praktisk er denne Belysningsmaade endnu ikke blevet.

"Senere har Amerikaneren Cooper Hewitt konstrueret en Kviksølvdamplampe, som giver et meget økonomisk Lys, og som virkelig kan anvendes i Praksis, selv om den har visse Mangler. Ved denne Lampe, hvis Princip forøvrigt tidligere var angivet af Aaron i Berlin, udgaar Lyset fra Kviksølvdamp, som dannes inde i et lufttomt Rør med lidt Kviksølv i den ene Ende, idet en elektrisk Strøm gaar gennem Røret. Lampen kan anbringes mellem Ledninger med en Spændingsforskel af 110 eller 220 Volt, men ved en

lille simpel Transformator (S. 53) maa Spændingen i første Øjeblik sættes op, for at Strømmen kan komme i Gang.

Den væsentligste Fejl ved denne Lampe er Lysets uheldige Sammensætning. Medens det Lys, der udgaar fra hvidglødende faste Legemer, er sammensat af alle Regnbuefarverne med jævne Overgange fra rødt gennem gult, grønt og blaat til violet, — hvad der kan vises ved Hjælp af Glasprismer, som sprede r Lyset i dets Farvearter, — vil Lyset fra en lysende Luftart (eller Damp) i Reglen kun indeholde visse for Luftarten karakteristiske Farvearter og helt mangle de andre. Hewittlampens Lys mangler saaledes helt de røde Straaler, og gør derfor et ubehageligt Indtryk paa Øjet; men tillige bedømmes mange Genstandes Farver fuldstændig urigtigt; navnlig vil røde Stoffer i Reglen synes sorte. Man har prøvet at raade Bod paa denne Ulempe dels ved at blande Kviksølvdampene med lidt Kvælstof, dels ved at lade Lyset kaste tilbage fra Skærme med visse »fluorescerende« Stoffer, der omdanner de grønne og blaa Straaler til røde; men Opgaven er næppe løst endnu paa nogen virkelig praktisk Maade.

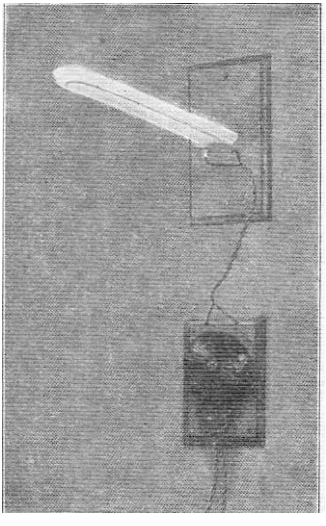


Fig. 157. Hewittlampen.

At benyttte den elektriske Strøm til Varmeudvikling efter nogen større Maalestok vil som tidligere fremhævet (S. 55) i Almindelighed slet ikke kunne betale sig, i alt Fald, hvis den skal frembringes ved en Dampmaskine. Den Varme, man faar frem paa denne Maade, vil nemlig blive mange Gange — ofte endog langt over 100 Gange — saa dyr, som den samme Varmemængde frembragt ved Forbrænding af Stenkul. Man kan maaske nok gøre Regning paa, at de fleste offentlige Elektricitetsværker vil beregne Prisen for Elektricitet til særlige Varmeinstallationer billigere end til Belysning, ligesom det sker ved Motordrift, hvorved Forbruget bliver noget mere jævnt fordelt over Døgnet i Stedet for at samles paa Aftentimerne. Men meget kostbar bliver den elektriske Varme dog. Af Bekvemmelighedsliensyn anvendes elektrisk Opvarmning alligevel i mange Tilfælde, navnlig hvor det ikke er store Varmemængder, det drejer sig om.

For at faa Varme udviklet ved den elektriske Strøm behøver man blot at lade den gaa igennem tynde Metaltraade, som er anbragt i de elektriske Varmeapparater, der paa samme Maade som Lamper eller Motorer indskydes mellem den positive og den negative

Ledning. Traadenes Længde og Tykkelse maa være afpasset efter Ledningernes Spændingsforskel, saaledes at de opvarmes til en nogenlunde høj Temperatur og kan afgive den Varmemængde, som kræves, men dog ikke bliver saa varme, at de selv ødelægges eller skader deres Omgivelser. I Reglen anbringes de i »Varmelegemer«, som kan indrettes paa forskellige Maader; bruger man Traade af Nikkel eller Nikkellegeringer, kan de indlejres i Emalje eller omgives af sammenkittede Glasperler, som dels isolerer Elektriciteten, dels beskytter mod Luftens iltende Virkninger; Platintraade kan opvikles om Asbestsnore, der saa trækkes gennem tynde Kanaler i et Lerstykke, hvorved dette bliver i Stand til at tjene som Varmelegeme.

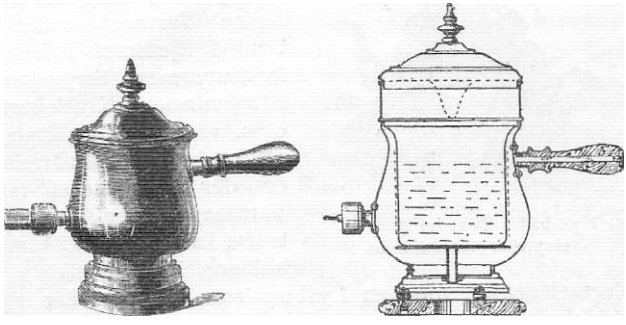


Fig. 158. Et elektrisk Kogekar og Gennemsnit af samme.

Elektriske Kogekar kan nu fremstilles derved, at man uden om deres Sider og under deres Bund anbringer Varmelegemer saa tæt op til dem som muligt; uden om de! egentlige Kogekar med Varmelegemerne anbringes et andet Kar, der foroven er fastgjort til det første, men ellers skilt fra det ved et lille Luftmellemrum; herved hindres Varmen fra at brede sig til den omgivende Luft. Indretningen af et saadant Kogekar vil let forstaas ved Betragtning af Gennemsnitstegningen i Fig. 158.

Fig. 159 viser et højst mærkeligt Kogeapparat, der bestaar af en Stang med tre »Varmeskiver«, d. v. s. tre skiveformede Varmelegemer, der er omgivet af Metal; ved Hjælp af denne »Skivekoger« kan man koge Vand, Mælk og andre Vædsker i en Spand eller ethvert andet Kar, idet man sætter Skiverne ned i Karret og slutter Strømmen.

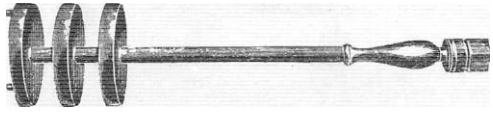


Fig. 159. En skivekoger.

Ved de ovenfor omtalte elektriske Kogeapparater kan den udviklede Varme udnyttes meget fuldstændigt, bedre end Varmen fra en Gaskoger og langt bedre end Kullenes Varme paa et Komfur, og herved raades der noget Bod paa den elektriske Varmes høje Pris.

Ofte benyttes elektriske Varmeplader, paa hvilke man kan sætte forskellige Genstande, som skal varmes, f. Eks. Kogekedler med bred, flad Bund (se Fig. 160); men paa denne Maade udnyttes Varmen naturligvis mindre godt. Endvidere har man elektriske Stegepander eller Stegeovne og talrige andre Varmeapparater til forskelligt Brug i Hjemmet, f. Eks. elektriske Tallerkenvarmere, Strygejærn, Fodvarmere, Sengevarmere, Krøllejærn, Cigartændere o. s. v. Ogsaa til Brug i Laboratorier og forskellige industrielle Virksomheder er der konstrueret talrige elektriske Varmeapparater som Reagensglasvarmere, Limkogere, Laksmeltere og Loddekolber; i disse sidste anvendes ikke Varmelegemer, men en Lysbue, som ophedei den egentlige Kobberloddekolbe.

Fig. 160. Tekedel paa en elektrisk Varmeplade.

Elektriske Ovne til Opvarmning af Værelser kan konstrueres i saa at sige hvilken som helst Form, man ønsker. De Varmelegemer, som anvendes, maa have en stor Overflade, for at de kan afgive en betydelig Varmemængde uden at ophedes til en meget høj Temperatur, men kan forøvrigt være bredt fladt ud, bøjet i mange Bugter, indesluttet i forskellige Hylstre o. s. v. Varmeafgivelsen kan ved Ovnene og andre elektriske Varmeapparater reguleres, idet der findes flere Sæt Varmelegemer, af hvilke man efter Behag kan indskyde et eller flere imellem Ledningerne. Ovnene kan nemt indrettes, saa at de kan flyttes og anbringes overalt, hvor de kan faa Tilslutning til de elektriske Ledninger. Man giver dem som oftest lignende Former som Damp-, Gas- eller Kulovne, men kan f. Eks. ogsaa fremstille en elektrisk Ovn i Form af en kunstnerisk udstyret Kakkelovnskærm; dog bliver en stor Del

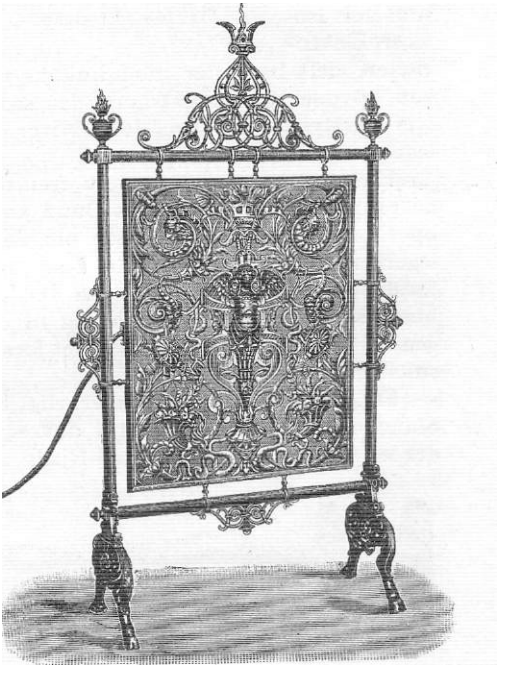


Fig. 161. Elektrisk Ovn i Form af en Skærm,

af Varmen i dette Tilfælde afgivet til Værelset ved Udstraaling, hvad man i Reglen regner for en Ulempe. Undertiden anvender man i Stedet for Varmelegemer eller tillige med dem Glødelamper, som kan erstatte Kaminilden, idet de samtidig udsender Lys og Varme; ogsaa Opvarmning ved Lysbuer benyttes i nogle Ovne; den udviklede Varmemængde bliver i alle Tilfælde den samme ved samme Kraftforbrug.

Elektrisk Opvarmning anvendes mest i rige Hjem, i fine Hoteller og andre Steder, hvor de økonomiske Hensyn kan underordnes Bekvemmeligheds- og Skønhedshensyn; men undertiden anvendes den ogsaa til at frembringe lidt Lunhed i elektriske Sporvogne, der ikke saa let kan opvarmes paa anden Maade, og i Forretninger anbringes ofte under Udstillingsvinduer elektriske Varmeapparater, som uden at volde nogen Brandfare kan holde Ruderne fri for Dug og Is. Hvor Elektriciteten kan frembringes meget billigt, kan der ogsaa blive Tale om en mere udstrakt og gennemført Brug af dens Varmevirkninger. Ved Niagara aabnedes saaledes for nogle Aar siden et Carmeliterhospital, hvor Gange og Værelser opvarmes, og al Maden tilberedes ved Elektricitet; ogsaa til Vask af Tøjet maa den elektriske Strøm levere Varme.

Vilde vi forestille os et Hus, hvor man fuldt ud havde taget alle den elektriske Strøms Evner i Brug, maatte vi tænke os det udstyret ikke blot med elektriske Lamper cg med de mange ovenfor anførte elektriske Varmeapparater, men ogsaa med Telefoner og elektriske Ringeapparater, der bragte alle dets Dele i nøje indbyrdes Forbindelse, og med elektriske Motorer, som kunde drive Elevatorer, Ventilatorer, Symaskiner, Rulle, Vride- og Vaskemaskiner, forskellige Køkkenmaskiner, som Knivslibemaskine, Ismaskine o. s. v. Maaske vil man ikke nogetsteds kunne finde alle disse Anvendelser af Elektriciteten forenede; men selv om man af denne Grund maatte kalde et saadant »elektrisk Hjem« for et Fremtidsideal, saa er det i alt Fald et Ideal, som kunde virkeliggøres, hvad Dag det skulde være, uden nogen Vanskelighed.

Medens elektrisk Opvarmning af Værelser af økonomiske Grunde kun kan finde en meget begrænset Udbredelse, er Opvarmning af Værelser ved Petroleum eller Gas efterhaanden blevet ret almindelig.

En Petroleumslampe med en stor Brænder, som bruger megen Petroleum, kan give et meget betydeligt Ridrag til et mindre Værelses Opvarmning og i mange Tilfælde gøre fuldstændig Fyldest i denne Henseende, naar man sætter den ned paa Gulvet, saa at ogsaa de nederste Luftlag bliver inddraget i Luftcirkulationen. Petroleumslamper, som er bestemt for dette Formaal, anbringes ofte i et Jærnhylster og udstyres, saa at de ligner en Ovn; men en saadan »Petroleumsovn«, der f. Eks. bruger en Liter (Pot) Petroleum i 6 Timer, giver ikke mere Varme end en Lampe med samme Forbrug, forudsat at de begge forbrænder Petroleumen fuldstændigt (uden Sod eller Os). I begge Tilfælde kommer jo nemlig al den Varme, som ud-

vikles ved Forbrændingen, ud i Stuen. Dette er naturligvis økonomisk set en stor Fordel, men samtidig med Varmen kommer ogsaa alle Forbrændingsprodukterne ud i Stuen, og da en Petroleumslampe med det ovennævnte Forbrug udvikler ligesaa megen Kulsyre som en halv Snes Mennesker eller mere ved deres Aandedræt, er det hygiejnisk set forkasteligt at lade den brænde til Stadighed i et lille tillukket Opholdsværelse. Det samme gælder naturligvis om Opvarmning ved Gas — enten man bruger almindelige Blus eller Bunsenbrændere — naar Forbrændingsprodukterne gaar ud i Stuen.

Skal man uden at fordærve Luften opvarme med Gas eller Petroleum, maa man ved et Rør føre Forbrændingsprodukterne ud af Stuen ind i en Skorsten (direkte eller gennem en Kakkelovn) eller ud i et større Rum. Men man maa da sørge for at de, inden de gaar ud, afgiver saa meget som muligt af deres Varme til Stuen; derfor maa man konstruere særlige Ovne, hvor Forbrændingsprodukterne og den Luft, hvormed de er blandet, føres fra Flammen eller Flammerne ad en ikke for kort Vej til Røret og paa denne Vej stryger forbi Flader, som kan optage Varmen og afgive den til Stueluften. Der er konstrueret mange forskellige saadanne Ovne, navnlig til Gas. Hvad det her gælder om er, at man paa den ene Side ikke tilleder mere Luft end nødvendigt, og at man leder Forbrændingsprodukterne saaledes, at de kan afgive saa megen Varme som muligt, men paa den anden Side ikke derved hæmmer Lufttrækket saa meget, at Forbrændingen bliver Ufuldstændig.

Naar man anvender Gasovn, kan man faa Varme i sin Stue blot ved at dreje paa en eller flere Haner og sætte en Tændstik til Gasblussene, og ved elektrisk Opvarmning slipper man endda for dette sidste Arbejde. Paa en ligesaa let Maade kan man imidlertid komme til Varmen, naar Huset har Centralvarmeanlæg.

Da man begyndte at anvende Dampmaskiner, kunde man let faa Lejlighed til at iagttage, at Rør, gennem hvilke der lededes Damp. kunde afgive en betydelig Mængde Varme til Luften omkring sig, og den Tanke at opvarme Værelser ved at lede Damprør igennem dem laa derfor nær. I Praksis skal Dampopvarmningen først være blevet anvendt af James Watt i 1784. De første Dampopvarmningsanlæg var rimeligvis knyttede til Dampmaskinanlæg, og ogsaa i vore Dage benyttes ofte Spildedampen fra Fabrikker til Opvarmning; men tillige har Centralopvarmning af Huse ved Damp fra en Dampkedel, som alene i dette Øjemed er anbragt i Kælderen eller andetsteds, vundet megen Udbredelse. I de Værelser, som skal kunne opvarmes ved Dampen, anbringes Dampovne, ind i hvilke man leder Dampen fra Rørene; disse Ovne bestaar ofte af Jærnrør, paa tværs af hvilke man har anbragt Jærnskiver for at gøre den varme Overflade, som staar i Berøring med Luften, saa stor som mulig; fra Ovnenes nederste Del ledes det Vand, der dannes ved Dampens Fortætning, tilbage til Kedlen.

Dampopvarmningen maa konkurrere med to andre Systemer for

Centralopvarmning, nemlig Varmluftssystemet og Varmtvandssystemel. Det første anvendes blandt andet meget i Skoler og andre Steder, hvor der ønskes en hyppig Fornyelse af Luften. I Kælderen anbringes da en Ovn, der i Hovedsagen er indrettet som den S. 162 omtalte Kappeovn, selv om den i Formen afviger meget fra den. Der er ligesom ved Kappeovnen udenom den egentlige Ovn et Luftrum, hvor Luft, der suges ind udefra gennem en Luftkanal, bliver opvarmet; men fra Luftrummet gaar Luften ikke ud i Kælderen, men føres gennem murede Kanaler op i de Værelser, som skal opvarmes, medens samtidig en tilsvarende Mængde af Luften i disse Værelser gennem Ventiler ved Gulvene gaar ud og til Vejrs gennem andre murede Kanaler. Undertiden er det dog ind-

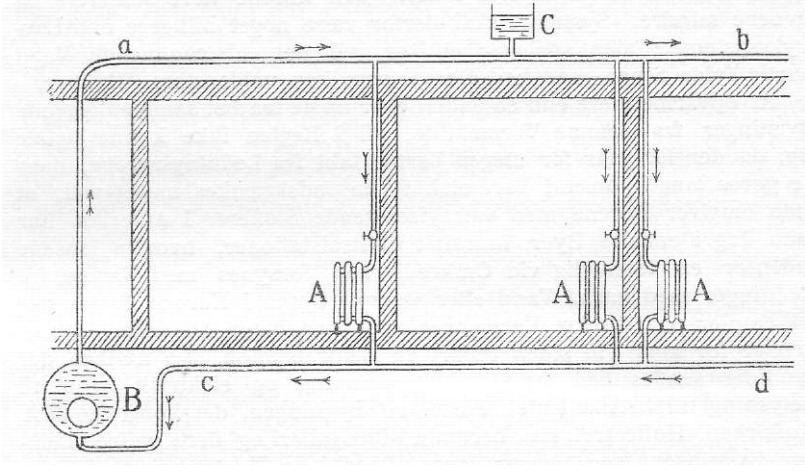


Fig. 162. Vandets Kredslob ved Varmtvandsopvarmnlng.

rettet saaledes, at denne Luft ledes ned i Luftrummet om Ovnen, hvorfra den efter at være opvarmet paany føres op i Værelserne; en saadan Cirkulation af Luften bruges navnlig ved Opvarmning af store Rum (f. Eks. Kirker), hvor der ikke er videre Trang til stadig Luftfornyelse.

Opvarmning ved varmt Vand, som i Rør føres gennem de Rum, som skal opvarmes, skal allerede temmelig tidlig være anvendt enkelte Steder ved varme Kilder, hvor man altsaa havde det varme Vand fra Naturens Haand.

Fig. 162 viser Indretningen af et Varmtvandsanlæg. I hvert af de Værelser, som skal opvarmes, er der anbragt en Ovn A, som gennemstrømmes af varmt Vand, naar man aabner en Hane. Vandet kommer fra det højtgaaende Rør *ab* og gaar efter at have passeret gennem Ovnen ned til det lavtgaaende Rør *cd*. *ab* er i Forbindelse med den øverste, *cd* med den nederste Del af den i Kælderen an-

bragte Kedel B. Naar Vandet i Kedlerne opvarmes, og Hanerne til Ovnene er aabne, vil Vandet sætte sig i Strømning, som Pilene viser, og derunder fra Ovnenes store Overflade afgive Varme til Værelserne. Rørnettet er øverst oppe i Forbindelse med en aaben Vandbeholder C, saa at Rørene og Kedlen altid er helt fyldte med Vand, noget, der er nødvendigt for den beskrevne Strømning.

Da Temperaturen oppe i Vandbeholderen maa være noget lavere end 100° C., for at Vandet ikke skal komme i Kog, kan Vandet i Rørnettet ikke have ret høj Temperatur. For 60—70 Aar siden indførte Englænderen Perkins det saakaldte Højtrykssystem. Ved dette er Beholderen C lukket foroven, saa at Trykket kan blive større end Atmosfærens Tryk; Temperaturen kan da blive højere, og da Varmen derfor afgives lettere, kan Rørene være snævrere og Ovnene mindre. Systemet skal derfor være noget billigere end Lavtrykssystemet; men springer et Rør, vil det udstrømmende Vand hurtig fylde Stuen med hed Damp, som kan volde store Ulykker.

At opvarme mere end en enkelt eller nogle faa tæt sammenliggende Bygninger fra samme Varmekilde, ril i Reglen ikke kunne betale sig, da der let gaar for megen Varme tabt fra Ledningsrørene, naar de gøres lange, omend Varmetabet kan indskrænkes meget ved, at man omgiver Rørene med varmeisolerende Stolfer. I Amerika har man dog i enkelte Byer indrettet Centralstationer, hvorfra Husene indenfor en temmelig vid Omkreds kan forsynes med Varme fra Ledninger med varmt Vand eller Damp. Ogsaa i Europa findes der Eksempler paa direkte Varmeoverføring paa lange Afstande. I Dresden er for kort Tid siden opført en Centralstation, fra hvilken der samtidig sendes hed Damp til Opvarmning og elektrisk Strøm til Belysning ud til Akademiet, Parlamentsbygningen, det kongelige Slot, Hofkirken, Hofteatret, det berømte Billedgalleri og flere andre offentlige Bygninger, som ligger langs Elben i en Udstrækning af over halvanden Kilometer; Stationen ligger endda omtrent ved Enden af denne Bygningsrække. Her anvendes Damp med høj Temperatur og højt Tryk (6—8 Gange saa stort som Atmosfærens Tryk).

Ved Centralopvarmning efter Varmluftssystemet sørgedes der paa en meget fuldkommen Maade for Luftfornyelsen, og den indtrængende friske Luft var ikke kold, men forud opvarmet. Derimod medfører Centralopvarmning ved Damp eller varmt Vand ingen Luftfornyelse; dog er det ogsaa ved disse Systemer muligt at anvende Varmen fra Ovnene til dette Formaal; man kan nemlig anbringe Ovnen ved en Ydervæg og lade den suge Luft ind gennem en Luftkanal i Væggen; idet den indstrømmende Luft stryger hen over Ovnen, bliver den opvarmet. I mange Tilfælde er det imidlertid bedst at have særlige Ventilationsapparater som uafhængigt af Varmeapparaterne — og altsaa ogsaa om Sommeren — kan suge Luft ud af Værelserne gennem et Sæt Luftkanaler eller blæse Luft ind gennem et andet Sæt. Undertiden anvendes i dette Øjemed en »Appel-Skorsten«, ved hvis Bund der brænder en Ild, som skal frem-

bringe en opadgaaende Luftstrøm i Skorstenen; denne bliver derved i Stand til at suge Luft fra Luftkanaler. Men hyppigere bruger man nu mekaniske Ventilatorer, der som oftest enten er Centrifugalsugere eller -blæsere (S. 80) eller de saakaldte Skrueventilatorer; ved disse sidste frembringes en Luftstrøm ved Omdrejning af Skrueblade, der er anbragt paa en Aksel. Mindre Ventilatorer, som tjener til Ventilering af enkelte Lokaler, kan let anbringes, hvor man har Adgang til elektrisk Strøm, idet de Vinger, der skal sætte Luften i Bevægelse, ligefrem anbringes paa en lille Elektromotors Aksel, som vist i Fig. 163.

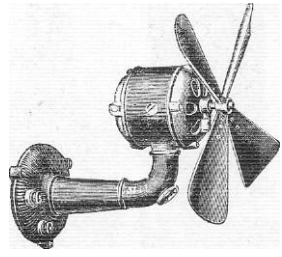


Fig. 163. En elektrisk Ventilator.

Efter at vi i det foregaaende har omtalt de vigtigste Midler til kunstig Opvarmning, maa vi endnu, inden vi afslutter dette Afsnit, et Øjeblik betragte den kunst.i ge Afkøling.

Medens det ikke er meget almindeligt om Sommeren at afkøle Opholdsværelser ved kunstige Midler, i alt Fald ikke her i Norden, har kunstig Afkøling længe været anvendt i vid Udstrækning ved Opbevaring og Tilberedning af Fødemidler. Først og fremmest har man hertil anvendt Is eller Sne, som samledes om Vinteren og opbevaredes i Ishuse, der var godt beskyttede mod Varmens Indtrængen. I vore Dage bliver det mere og mere almindeligt dels at benytte ls, som frembringes ved kunstig Kulde, dels helt at springe Isen over, idet man paa anden Maade og mere direkte benytter den kulde, som frembringes ved forskellige Kølemaskiner. Man laver med andre Ord Kulde ved at brænde Kul o. lgn. i Stedet for at tage Kulden fra Is.

I Midten af det 18. Aarhundrede viste Englænderen Cullen, at Temperaturen af Vand kunde synke betydeligt, naar man bragte det ind under en Luftpumpe og hurtigt udpumpede Luften og Vanddampene; endnu stærkere blev Afkølingen, naar man i Stedet for Vand brugte en lettere flygtig Vædske som Æter. Men først et langt Stykke ind i det følgende Aarhundrede konstruerede Perkins paa Grundlag af denne Iagttagelse en Æterkølemaskine, der var bestemt til at bruges i Praksis. Senere blev Kølemaskinerne betydeligt forbedrede af Linde i Tyskland, der tillige i Stedet for Æter anvendte Ammoniak, som ved sædvanlig Temperatur og Tryk er en Luftart, men ved stærkere Tryk kan fortættes til Vædske; ved 10° C. kræves der 6 Atmosfærers Tryk til Fortætningen, ved lavere Temperaturer mindre. Foruden Ammoniak har man anvendt Svovlsyrling og i nyere Tid navnlig Kulsyre, som imidlertid kræver langt højere Tryk til sin Fortætning.

Fig. 164 giver en skematisk Fremstilling af en Kølemaskine, som arbejder med et af ovennævnte Stoffer — f. Eks. Kulsyre —, og som kan blive ved at arbejde med samme Stofmængde uden Afbrydelse.

I Vandbeholderne A og B ligger to Spiralrør, som indeholder Kulsyre, og som begge staar i Forbindelse med Pumpen C, den saakaldte Kompressor; ved Betragtning af Ventilernes Stilling vil man let forstaa, at Pumpen, naar den arbejder, suger Kulsyren fra del Spiralrør, der ligger i Beholderen A, og presser Kulsyre ind i Spiralrøret til højre. I dette sidste Rør fortættes Kulsyren ved det Tryk, Pumpen udøver, men da herved udvikles en betydelig Varmemængde, maa man, for at faa denne bortledet, stadig sende en Strøm af koldt Vand gennem Beholderen B, der kaldes Fortætteren eller Kondensatoren. Gennem det nederste Rør, som paa Midten har en Hane, der kan reguleres, saa at Aabningen bliver meget snæver, strømmer der flydende Kulsyre over i Spiralrøret til venstre; men da Trykket her er meget mindre paa Grund af Pumpens Virksomhed, fordamper Kulsyrevædsken livligt, hvorved den afkøles stærkt. Sendes en Strøm af Vand gennem Beholderen A, vil dette Vand blive afkølet ved Berøring med Spiralrøret. A kaldes derfor Afkøleren eller Refrigeratoren. Man kan afpasse Trykforskellen og dermed tillige Temperaturforskellen mellem Kulsyren i A og B ved at dreje paa Reguleringshanen paa Forbindelsesrøret mellem de to Spiralrør. Trykkene i disse kan aflæses paa de to Trykmaalere øverst i Fig. 164. — Fig. 165 viser det ydre af en moderne Kulsyrekøleses Kompressoren, fra hvilken der

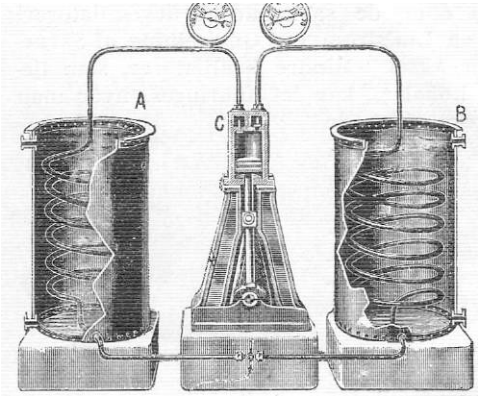


Fig. 164. Skemat. Fremstilling at en Kølemaskine

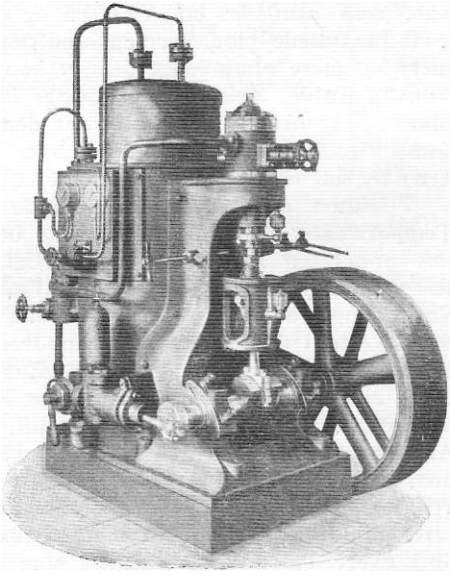


Fig. 165. En Kulsyrekølemaskine

fører Rør hen til Refrigerator- og Kondensatorrørene samt til Trykmaalere, der angiver Trykkene i dem. Refrigeratoren er anbragt inden i Kondensatoren, adskilt fra den ved et varmeisolerende Lag; man ser derfor kun én stor Beholder. Paa Figuren ses endvidere forneden en lille Pumpe med vandret Stempelstang; den tjener til at drive Vandet gennem Refrigeratoren og derfra gennem Ledninger ind i de Rum, som skal afkøles. Maskinen kan ved en Remforbindelse drives af en Dampmaskine, Petroleumsmotor eller en anden Motor.

Hvis det Vand, der cirkulerer gennem Refrigeratoren, er almindeligt Ferskvand, kan man ikke gaa ned til lavere Temperaturer end 0° C., da Vandet ellers vilde fryse. Men naar man benytter en Saltopløsning, kan den afkøles til noget lavere Temperaturer. Skal Maskinen bruges til Fremstilling af kunstig Is, indrettes Refrigeratoren saaledes, at Blikbeholdere med fersk Vand kan hænges ned i den afkølede Saltopløsning. Skal den derimod anvendes til Afkøling af Luften i et Rum, kan man, som ovenfor antydet, lede Vandet (fersk eller salt) fra Refrigeratoren gennem Rør, som forgrener sig i dette Rum, og fra disse Rør tilbage til Refrigeratoren; eller man kan ligefrem føre Refrigeratorrørene langs Loft eller Vægge i Rummet, saa at Luften derinde afkøles direkte af disse Rør, uden at der bruges Vand som Mellemled.

Da en Kulsyremaskine arbejder med et Tryk af 50—70 Atmosfærer i Kondensatorrørene, maa den være meget solidt konstrueret; overfor Ammoniak- og Svovlsyrlingmaskiner har den imidlertid det store Fortrin, at Kulsyren er lugtfri og i mindre Mængder kan blandes med Atmosfæren uden at skade Mennesker eller Fødevarer. Bandt andet af denne Grund har den vundet megen Udbredelse i de senere Aar.

I Bryggerier, Mejerier, Slagterier, Hoteller o. s. v. bliver Anvendelsen af Kølemaskiner mere og mere almindelig, og dog staar Evropa i denne Henseende langt tilbage for de forenede Stater i Nordamerika, hvor saa at sige enhver nogenlunde stor By har sit Kølehus, der gør Tjeneste som et umaadeligt stort fælles Isskab for de Fødevarer, Byen bruger — Æg, Smør, slagtet Fjerkræ, Frugter o. s. v.; ogsaa Pelsværk, Klæder o. lgn. lader Folk opbevare her, hvor Kulden beskytter Tøjet mod Insekter. Mange af disse Kølehuse holdes afkølede med Kølemaskiner. Ofte ligger Kølehusene tæt ved Jærnbanen, saa at de kan modtage de forskellige Fødevarer direkte fra Banernes Isvogne. I 1887 oprettede F. A. Thomas fra Chikago en »Isvogn-Tjeneste« (refrigerator-car-service) paa de amerikanske Baner, idet han selv anskaffede Isvogne og lod bygge Islagere paa passende Steder, saa at Vognenes Is kunde blive fornyet. Foretagendet udvidede sig med rivende Hast, og allerede i 1901 cirkulerede ca. 60 000 Isvogne paa Banerne i De forenede Stater, Kanada og Meksiko. De rige Frugthaver, som Forretningsaand, Teknik og Videnskab i Forening har skabt i Kalifornien, kan ved dette gennemførte Afkø-

lingssystem komme hele Nordamerika til Gode, og Systemet har ogsaa sin Andel i, at Frugterne fra Amerikas yderste Vesten i Europa kan konkurrere med den gamle Verdens ædleste Produkter. — I Amerika er kunstig Afkøling af Opholdsrum om Sommeren ogsaa ret almindelig.

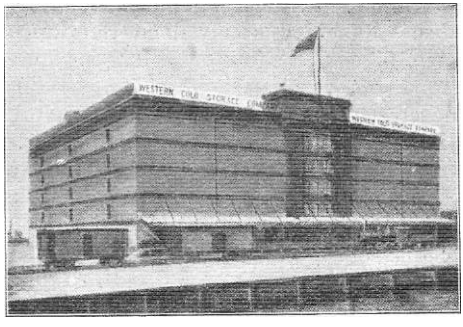


Fig. 1R6. Et stort Kølehus i Chikago.

Med Maskiner, der arbejder paa lignende Maade som de ovenfor beskrevne Kølemaskiner, er man i Stand til at fortætte næsten alle kendte Luftarter til Vædske. Linde har konstrueret en saadan Maskine, ved hvilken betydelige Mængder af atmosfærisk Luft kan fortættes; den adskiller sig i Hovedsagen fra Kølemaskinerne derved, at den Luft, som sammenpresses af Pumpen, efter at være afkølet ved Vand i Kondensatoren afkøles yderligere, idet den føres gennem et Rør, som er i nær Berøring med de kolde Refrigeratorrør; naar Luften træder ind i Refrigeratoren, er den da allerede meget kold, og ved den pludselige Udvidelse, den faar herinde, synker Temperaturen endnu mere. Idet Maskinen arbejder, bliver baade den sammenpressede Luft og Luften i Refrigeratoren efterhaanden saa stærkt afkølet, at den det sidste Sted fortættes til Vædske.

Da den flydende Lufts Temperatur er henimod 200° C. under Nulpunktet, skulde man ikke tro, at det var muligt at opbevare den ret længe; Englænderen Dewar har imidlertid konstrueret en Beholder, ind i hvilken Varmen trænger saa langsomt, at man i den f. Eks. kar kunnet forsende flydende Luft tværs igennem Amerika. Beholderen er et Glaskar med dobbelte Vægge, mellem hvilke der er et lufttomt Rum. Beholderen maa ikke være lukket saaledes, at Luften ikke kan slippe ud, efterhaanden som den fordamper; kunde Luften ikke slippe ud, vilde Trykket snart stige og sprænge Beholderen.

Foreløbig fremstilles flydende Luft væsentlig til Brug ved fysiske og kemiske Forsøg; men det er ikke usandsynligt, at man i Fremtiden ogsaa i det praktiske Liv paa mange Maader vil kunne faa Nytte af den og af de høje Kuldegrader, man kan naa ved dens Hjælp. Desuden har man prøvet at anvende den til Drivkraft. Endvidere søger man at vinde Ilt af Luften, idet man benytter sig af den Omstændighed, at Ilten fortættes lettere til Vædske og derefter fordamper vanskeligere end Luftens anden Hovedbestanddel Kvælstof; flydende iltrig Luft blandet med Kulpulver har været brugt som Sprængmiddel. — Det kunde ligge nær at tro, at en ganske ringe

Mængde flydende Luft paa Grund af sin uhyre lave Temperatur kunde afkøle betydelige Mængder af Føde- eller Drikkevarer. Man gør sig dog let overdrevne Forestillinger om, hvad den flydende Luft i denne Henseende kan udrette, og navnlig er det fuldstændig urigtigt at tro, at en Draabe flydende Luft skulde kunne forvandle alt Vandet i en Spand, i et Vandglas eller blot i et lille Snapseglas til Is. Flydende Luft maatte fremstilles meget billigt, om det skulde kunne betale sig at anvende det som Afkølingsmiddel udenfor ganske særlige Forhold.

VIII. REGNE- OG MAALEKUNSTEN.

Regning og Talskrivning. — Mønt, Vægt og Maal. — Tidsmaaling ved Ure. — Termometer og Barometer. — Eksempler paa Maalekunstens Nøjagtighed i Nutiden.

Grundlaget for Regne- saavel som for Maalekunsten er Tælning af Genstande eller af Handlinger. For at angive Størrelsen af en Kvæghjord maa man tælle de Høveder, hvoraf den bestaar. Størrelsen af Afstanden fra en By til en anden maaltes i gamle Dage ved Antallet af Dagsrejser, man maatte udføre for at tilbagelægge Vejen mellem dem; ved kortere Vejlængder kunde man i Stedet tælle, hvor mange Skridt man gjorde, naar man gik fra den ene Ende af Vejstykket til den anden.

Ved Tælning faldt det naturligt at benytte Fingrene som Hjælpemiddel, og denne Omstændighed har været bestemmende for Talbenævnelsen hos næsten alle Folkeslag; enten er Fingrenes Antal, Ti, eller det samlede Antal af Fingre og Tær, Tyve, blevet Grundtallet i Talsystemet. I vore Dage skal man hos en sydafrikansk Folkestamme ved Hjælp af tre Mænds Fingre kunne betegne alle Tal indtil 1000, skønt man ikke har Navne paa nær saa høje Tal. Skal en Hjord tælles, staar den første Mand og berører hvert Dyr med en af sine Fingre fra venstre Lillefinger til højre Lillefinger. Naar han er til Ende med de 10 Fingre, løfter den anden Mand en Finger. Nr. 1 begynder nu forfra igen, og naar han atter er færdig løfter Nr. 2 den anden Finger o. s. v., indtil alle 10 Fingre er løftede. Saa løfter den tredje Mand en Finger, og de to første begynder da forfra igen. Vi kan da sige, at Nr. 1 med sine Fingre angiver Enerne, Nr. 2 Tierne og Nr. 3 Hundrederne. Naar Tælningen er færdig, giver de tre Mænds Stillinger en tydelig Forestilling om Hjordens Størrelse for dem, der er vant til at se en Hjords Størrelse anskueliggjort paa denne Maade. Naar de tre Mænd er opstillet i Række saaledes, at hvers Plads angiver, om han repræsenterer Hundrederne, Tierne eller Enerne, har vi i Virkeligheden

her en i levende Billeder udført Talfremstilling, som svarer ganske til vor Talskrivning, idet en Mand med 8 oprakte Fingre forestiller et Ottetal, en Mand med ingen oprakte Fingre et Nul o. s. v. Ved at gaa det Skridt videre at afbilde Mændenes Stillinger ved simple Billedtegn, vilde den omtalte Folkestamme naa til en virkelig Talskrivning af samme Art som vor, blot med andre og mere besværlige Former af de enkelte Sifre.

Det kunde herefter synes, at Nutidens Talskrivning, det saakaldte Positionssystem, hvor hvert Siffer alene ved sin Plads angiver, om det bet}'der Enere, Tiere eller Hundreder o. s. v., maatte være en meget simpel og nærliggende Opfindelse, som maatte gøres meget tidligt blandt Folkeslag, der beskæftigede sig synderligt med Tælning og Regning. Historien lærer os imidlertid noget andet. Hverken hos Grækerne, Romerne eller andre af Oldtidens Kulturfolk anvendtes Positionssystemet, men derimod andre Systemer for Talskrivning, der alle havde det til fælles, at de var meget besværlige at benytte ved Beregninger.

Følgen heraf var, at de Beregninger, som almindelig forekom i Handel og Vandel overalt blev udført enten ved Hjælp af Fingrene eller ved forskellige mekaniske Hjælpemidler. De simpleste af disse var Smaasten, Korn og lignende Smaagenstande, ved hvis Sammentælling eller Fratælling man udførte Regnestykkerne. At regne hed derfor hos Romerne »calculare« af »calculus« en Smaasten. I Stedet for løse Smaasten brugtes ofte, f. Eks. i Asien, en Snor med Kugler, der var ordnede med skiftevis 10 smaa og 1 stor Kugle; i Middelalderen stiftede Korsfarerne Bekendtskab med dette Regnemiddel, som siden den Tid under Navnet Rosenkransen er blevet anvendt af Katolikkerne til Optælling af deres Bønner. Andre Steder benyttedes Snore med Knuder paa. Fuldkomnere Hjælpemidler var imidlertid Regnebrætter af forskellig Konstruktion.

Fig. 167, En Kineser ved Regnebrættet.

Det kinesiske Regnebræt, Suanpan, bestaar af en firkantet Ramme, i hvilken der er udspændt en Række Stænger; disse Stænger er ved en Tværstang delt i to Dele; paa den ene Del kan 5 Kugler skydes frem og tilbage, paa den anden 2, som hver gælder saa meget som alle de 5 første. Under Brugen af Suanpan skal øvede Kinesere ligesom en Musiker paa et Instrument kunne gribe hele Talakkorder paa en

Gang. — Andre Regnebrætter, f. Eks. det, der endnu i vore Dage lindes i næsten hver russisk Købmandsbod, ligner det kinesiske, men mangler Tværstangen og har 10 Kugler paa hver af de parallelle Stænger. — I Regnebrætter, som anvendtes i det gamle Rom fandtes der i Stedet for Stænger Furer, i hvilke man kunde flytte Brikker.

Ved Regnebrætter med 10 Kugler eller Brikker blev Tallene fremstillede paa ganske lignende Maade som ved Mændene hos den før omtalte sydafrikanske Folkestamme, idet et bestemt Antal Kugler, der blev skudt op til den øverste Ende af en Stang, svarede til et ligesaa stort Antal oprakte Fingre hos en af Mændene, og de forskellige Stænger repræsenterede henholdsvis Enere, Tiere o. s. v. Saa meget mere mærkeligt er det da, at Slægt efter Slægt af Folkeslag med Grækernes matematiske Begavelse eller med Romernes praktiske Sans kunde arbejde med Regnebrætter uden at finde paa at opskrive Tallene efter Positionssystemet.

Det er Hinduerne, der har uddannet dette System, og det synes først at være fuldt færdigt i det 6 Aarhundrede e. Kr.; thi først paa denne Tid skal de have opfundet Nullet, altsaa det Tegn, som skulde bruges til at udfylde de tomme Pladser.

I Europa regnede man endnu langt senere med de besværlige Romertal, som vi i vore Dage kender fra Urskiver, Indskrifter m. m. Først i det 12. Aarh. lærte man i Spanien Positionssystemet at kende gennem Araberne; i Danmark findes det anvendt i det følgende Aarhundrede i Valdemars Jordebog. Ofte kaldes Talsystemet det arabiske, skønt Araberne kun har været Gennemgangsled. Rimeligvis har de dog haft nogen Indflydelse paa Sifrenes Former, der hos Hinduerne var temmelig afvigende fra vore nuværende Sifferformer. Endvidere er det rimeligt, at Araberne er Ophavsmænd til den vigtige Udvidelse, Talsystemet fik ved Indførelsen af Decimalbrøker.

Med Indførelsen af den hinduiske Talskrivning fulgte saa store Lettelser i de almindelige Regninger, at man kunde undvære baade mekaniske Hjælpemidler og de vidtløftige Tabeller, som tidligere maatte anvendes ved Brøkregninger, store Multiplikationer, Divisioner o. lgn. Man behøvede hertil nu kun de »smaa Tabeller«, som ethvert Barn med Lethed kan lære udenad i de første Skoleaar. Ved Udgangen af Skolen er en nogenlunde flink Skoledreng i vore Dage bedre udrustet til at udføre saadanne Regninger end dygtige Regnemestre i Oldtiden.

Ved mange Udregninger af mere speciel Natur bruges dog ogsaa i Nutiden Tabeller efter en stor Maalestok, og kun ved Anvendelsen af Tabeller opnaas den betydelige Letteise ved mange almindeligt forekommende Regninger, som Logaritmeregningen kan yde. Næst efter Positionssystemet og Decimalbrøkerne maa Logaritmeregning anses for den vigtigste Opfindelse paa Regnekunstens Omraade. Det vigtigste Skridt til dens Indførelse blev gjort af den engelske Pro fessor Briggs (1556 — 1630), der udregnede Logaritmetabeller efter

det System, som altid benyttes ved praktiske Regninger. Der er ogsaa i vore Dage konstrueret talrige mekaniske Hjælpemidler som Regnestokke og Regnemaskiner, ved hvis Konstruktion man ofte paa meget sindrig Maade har udnyttet forskellige matematiske Sætninger; den praktiske Anvendelse af saadanne Hjælpemidler er dog temmelig begrænset.

Gaar vi tilbage til Regnekunstens Barndom og spørger, hvad der gav Anledning til dens tidligste Udvikling, da kan det næppe være tvivlsomt, at Svaret maa blive: Handelen. Udgangspunktet for al Handel er det simple Bytte, ved hvilket en Mand bortbytter nogle af sine Ejendele for andre Ting, som han synes, at han har mere Brug for eller Lyst til; men fra dette Udgangspunkt udviklede der sig meget tidligt en virkelig Handel, idet der mellem forskellige Slags Genstande opstod almindelig anerkendte, mer eller mindre faste Værdiforhold, som kunde give Anledning til Beregninger. Et nogenlunde fast Grundlag fik saadanne Værdiberegninger dog først ved Indførelsen af Penge.

Hvornaar Pengene først blev indført, vilde det, selv om man havde fuldkomment Kendskab til Handelens Historie, være umuligt at afgøre. Saa snart en Mand tilbytter sig en Genstand, ikke fordi han i og for sig bryder sig om den, men blot for med den atter at tilbytte sig noget andet, benytter han den jo blot som Omsætningsmiddel, ligesom vi bruger Pengene. Og dersom en bestemt Slags Varer — f. Eks. Okser, Dyrehuder, Kastespyd eller Saltbarrer — har vundet Hævd som det almindelige Omsætningmsiddel under Handelen mellem visse Folkeslag, kan man godt betegne en saadan Vare som disse Folkeslags Penge; over store Dele af Afrika gaar i vore Dage Saltbarrer af bestemt Størrelse som almindeligt Betalingsmiddel. Nærmere kommer vi maaske til Nutidens Forestilling om Penge, naar den Vare, der bruges som Betalingsmiddel ikke har en virkelig Brugsværdi, men kun en vedtagen Handelsværdi, eller naar denne vedtagne Værdi i alt Fald er Hovedsagen; som Eksempel herpaa kan nævnes en lille Konkylie, Kavrien, som fra Oldtiden og op til vore Dage har været gangbar Mønt i store Dele af Asien og Afrika.

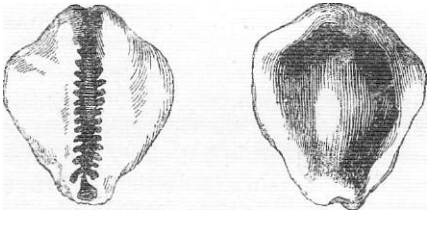


Fig. 168. Kavri.

Hos alle Folkeslag med en fremskreden Kultur vandt imidlertid Metallerne — Jærn, Kobber, Tin, Sølv og Guld — tidligt Overvægten over alle andre Betalingsmidler. Til at begynde med anvendtes blot uprægede Metalstykker af bestemt Vægt og i Reglen tillige af bestemt Form; i det gamle Ægypten frugtes hyppig ringformede Metalstykker, der blev trukket paa Snore. Overgangen til de prægede

Mønter fandt utvivlsomt Sted derved, at man i Metalstykkerne indgravede eller indhuggede Tegn, som angav deres Værdi. Naar store Mængder af Metal skulde udmøntes fra Herskernes Skatkamre, var det da en simpel Fremgangsmaade at slaa Mærker i Mønterne med et haardt Stempel med indgravede Tegn eller Billeder.

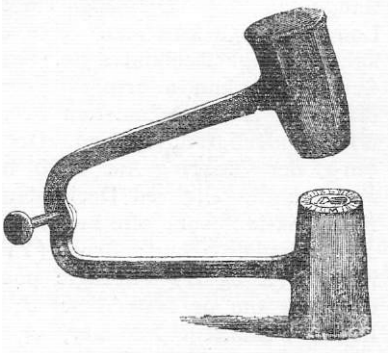


Fig 169. Gammelt Prægestempel fra Antiokia.

I vore Dage er Metalmønter jo stadig det almindelige Betalingsmiddel ved Smaahandelen, naar det kun drejer sig om ganske smaa Beløb; men nogenlunde store Beløb betales i Reglen med Sedler, og i Storhandelen spiller Metalmønterne kun en ringe Rolle i Sammenligning med Papirspengene, idet vi herved forstaar alle Slags Værdipapirer som Veksler, Bankanvisninger, Obligationer, egentlige Pengesedler o. s. v. Anvendelsen af Papir i Stedet for Metal ved Storhandelen var kendt allerede i Oldtiden, forsaavidt som de fønikiske og græske Købmænd brugte at udstede Pengeanvisninger paa deres Forretningsforbindelser i forskellige Stæder. Pengesedler er imidlertid først indført langt senere.

Handelen gav ikke alene Anledning til Opfindelsen af Penge, men ogsaa til Indførelsen af Vejeredskaber; navnlig da de værdifulde Metaller blev vigtige Handelsgenstande og Betalingsmidler, fik nøjagtige Vejninger stor Betydning. I den ligearinede Vægtstang med to Skaale, hvis Opfindelse gaar tilbage til en forhistorisk Tid, havde man et simpelt Vejeredskab, som tillod stor Nøjagtighed. Hurtigere at anvende er imidlertid Bismeren, ved hvilken man kan afveje forskellige Vægtmængder blot ved at forskyde et enkelt Lod langs en Stang; Bismeren var ogsaa kendt meget tidligt. Fig. 170 viser forskellige Bismere, som er fundet ved Udgravningerne i Pompei, og som i Hovedsagen ganske ligner vore, skønt de er over 1800 Aar gamle.

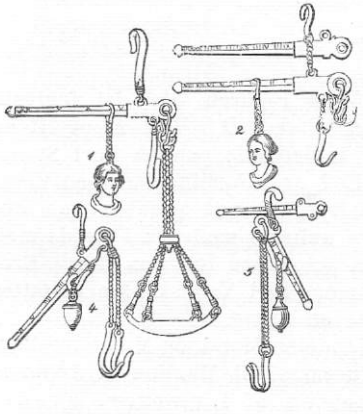


Fig. 170. Bismere fra Pompei.

Senere har man opfundet mange andre Vejeredskaber, der er bekvemme at bruge, f. Eks. Fjedervægtene, hvor man finder Vægten af en Genstand, idet en Viser angiver, hvor meget Genstanden

sammentrykker eller udvider en Fjeder, som bærer den. Større Betydning har Brovægten, der særlig egner sig til Vejning af større Genstande som Kreaturer, Kornsække, Vognlæs o. s. v. De hyppigst anvendte Brovægte er indrettede saaledes, at Lodderne faar en 10 Gange saa lang Vægtstangsarm at virke paa som Genstanden, saa at Loddets Vægt kun skal være en Tiendedel af Genstandens, og de kaldes derfor Decimalvægte. Men Hovedsagen ved Brovægten er, at Genstanden kan anbringes hvorsomhelst paa et Bræt, Broen, der ikke som en Vægtskaal kan bevæge sig frit frem og tilbage og heller ikke synderligt op og ned. Det er en Mekaniker Schwilgué i Strassburg, der omkring Aar 1800 har givet Brovægten den Form, som nu er almindelig ved Decimalvægte. Fig. 171 viser en noget anden Konstruktion, som ofte benyttes ved Vejning af meget tunge Genstande som Vognlæs o. lgn.; Broen *(VV)* hviler ved de to Sider paa skarpe Kanter (A og *D),* anbragte paa Vægtstænger (*JB* og JC), der kan dreje sig om de faste Akser *J;* disse Vægtstænger er dog i Virkeligheden trekantede Rammer, og Broen hviler paa fire Støttepunkter,

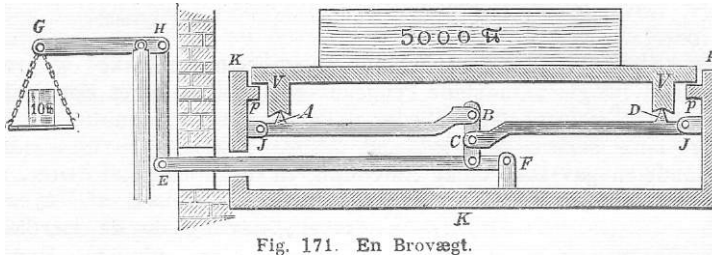


Fig. 171. En Brovægt.

af hvilke imidlertid kun de to ses paa Figuren, da det forreste dækker det bagerste ved *A* og ligesaa ved *D.* Ved £ og C er Spidserne af de trekantede Rammer indleddede paa en kort Stang, der atter ved forskellige Stænger og Led er i Forbindelse med Vægtskaalen, som Figuren viser. Et Kilogramlod paa Skaalen kan opveje 500 Kg. paa Broen, der kan være anbragt saaledes i Højde med Jordsmonnet, at en Vogn uden videre kan køre ind paa den. Brovægten kan ogsaa indrettes som Bismer, idet Vægtskaalen erstattes af et fast Lod, der kan forskydes paa en Stang.

Foruden Vejeredskaber krævede Handelen Mand og Mand imellem Anvendelsen af Maalestokke og af Rummaal til Maaling af flydende Varer, Korn m. m. Men Bestemmelsen af Længder, Fladeindhold og Rumindhold havde desuden stor Betydning for Opførelsen af Bygningsværker, Jordens Inddeling i Jordlodder og for Astronomien, der allerede i de ældste Kulturstater naaede en forholdsvis høj Udvikling. Disse Virksomheder frembød en Række meget vanskelige Opgaver, idet de blandt andet krævede nøjagtige Bestemmelser af Linjers Retning, Udregning af forskellige Jordstykkers

Fladeindhold eller af Længden af Linjer, som man ikke direkte kunde maale; saadanne Opgaver har bidraget overordentlig meget til Udviklingen af Maale- og Regnekunsten. "En Omtale af disse Opgavers Løsning vilde imidlertid føre os ind i Matematikkens og Astronomiens Historie, og vi skal derfor holde os til en enkelt, ydre Side af Sagen, nemlig Valget af Maaleenheder.

Det er aabenbart en meget naturlig og nærliggende Fremgangsmaade at maale Længder ved saadanne Maal, som man altid har hos sig som f. Eks. Fodens eller Skridtets Længde, Haandens Bredde o. s. v. Man kan virkelig ogsaa maale ret nøjagtigt ved disse Naturmaal; men forskellige Mennesker faar rigtignok forskellige Resultater, da alle ikke er ens byggede. Overalt i ordnede Samfund maatte man derfor fastslaa bestemte Længder som almengyldige Maaleenheder og lave Maalestokke af denne Længde. De fleste Steder valgte man imidlertid baade i Oldtiden og senere Længdemaal, der ikke afveg meget fra visse Naturmaal, efter hvilke de kunstige Maaleenheder saa fik Navn (Fod, Favn, Tomme m. fl.).

I vel organiserede Samfund kunde Maalestokke, der var justerede, det vil sige sammenlignede med det lovbefalede Maal, let spredes overalt i talrige Eksemplarer; men under mindre vel ordnede Tilstande vilde det være heldigt, at Maaleenheden var fastslaaet paa en saadan Maade, at den kunde fremstilles ogsaa, hvor man ikke havde Adgang til justerede Maal. Der blev tidligere gjort forskellige Forsøg i denne Retning. I et Skrift fra 1585 (Frankfurt) hedder det; »Man skal lade 16 Mand smaa og store, som de omtrentlig kommer ud af Kirken, hver enkelt sætte en Sko foran den anden; denne Længde er og skal være en rigtig, almindelig Maalestok. hvormed man skal maale Marken.« Det var aabenbart Tanken, at de individuelle Forskelligheder mellem Føddernes Størrelse paa denne Maade skulde udjævnes, saa at det blev en »Normalfod«, der kom til at bestemme Maalestokkens Længde. Andre Steder havde man knyttet Maaleenheden til den gennemsnitlige Størrelse af Valmuekorn, Bygkorn, Dadler o. Ign. Saaledes bestemte Kong Ottokar II af Bøhmen (13. Aarh.) at »4 Bygkorn lagt ved Siden af hinanden gælder en Tværfinger, 10 Tværfingre et Spand.«

Langt mere Betydning end at faa Maaleenhederne knyttet til bestemte Naturgenstande havde det at tilvejebringe en bestemt, simpel Sammenhæng mellem de forskellige Maaleenheder. Dette vigtige Skridt blev allerede i en fjærn Oldtid gjort af Kaldæerne.

Som Enhed for Flademaal tog de et Kvadrat, hvis Side var den forud fastslaaede Længdeenhed, som Enhed for Rummaal en Tærning med Længdeenheden som Kant. Vægten af et saadant Rumfang Vand blev Vægtenhed; denne Vægtenhed kaldes det babyloniske Talent. Endelig blev samme Vægt Sølv Værdienhed.

Skønt de kaldæiske Maal til Dels vandt Indgang hos andre af Oldtidens Kulturfolk, bar de ikke den endelige Sejr hjem, og i senere Tider fremvoksede der rundt om i Evropa et forvirrende Mylder af

Maaleenheder, i Reglen valgt ganske planløst. Saa lidt bekymrede man sig om Enhed og Sammenhæng, at forskellige Varer i samme Land maaltes med Rummaal af forskellig Størrelse. I Danmark er f. Eks. en Korntønde -= 144 Potter, en Øltønde = 139 Pt., en Tjæretønde = 120 Pt., en Stenkulstønde = 1 7 6 Pt. o. s. v. Endvidere havde hvert Land, ja ofie hver By, sine Maaleenheder, forskellige fra Naboernes.

I Frankrig havde Maaleforvirringen i det 18. Aarhundrede naaet en saadan Højde, at den gav Anledning til talrige Misbrug og Bedragerier, og under den store Revolution laante Nationalforsamlingen villig Øre til de talrige indstrømmende Klager og Anmodninger om et fælles Maalsystem for hele Landet. I Overensstemmelse med Tidens Tanker besluttede man imidlertid at indføre et helt nyt System, der hvilede, ikke paa Overleveringen, men paa Fornuftens Grundlag; og det skulde ikke blot være fælles for hele Frankrig, men ogsaa egne sig til at vinde Indgang over hele Verden.

Allerede 1791 vedtoges det paa Forslag af en videnskabelig Kommission at gøre Tyvemilliontedelen af Jordmeridianen regnet fra Pol til Pol til Grundenhed for Længde og kalde den Meteren. Ved at dele Meteren med 10, 100 og 1000 fik man de mindre Enheder Decimeter, Centimeter og Millimeter. Enhederne for Flade- og Rumindhold skulde være henholdsvis Kvadrater og Tærninger med Meteren eller dens Underafdelinger som Sider. En Tærning med Decimeteren som Kant fik Navnet Liter, og Vægten af et saadant Rumfang Vand ved 4° C. skulde være Vægtenhed og kaldes et Kilogram.

Inden disse Maal kunde indføres, maatte der imidlertid foretages en ny Bestemmelse af Jordmeridianen, og derefter tilvejebringes en Metermaalestok og et Kilogramlod, som nøjagtigt havde de fastslaaede Størrelser, og efter hvilke andre Maalestokke og Lodder kunde dannes. Disse Arbejder afsluttedes først i 1799, og den 25. Juni 1800 vedtoges den endelige Lov, som gjorde de nyskabte Enheder til Grundlaget for Frankrigs Maalsystem.

Den Bestemmelse, at Meterens Længde skulde staa i simpel Sammenhæng med Jordens Omkreds, var særdeles praktisk, fordi den gav Systemet et internationalt Præg, der gjorde det lettere for andre Nationer at overvinde deres nationale Fordomme mod et System, som kom fra et fremmed Land; men i og for sig havde den ikke synderlig Betydning for Systemets Anvendelighed, og man har heller ikke strængt kunnet opretholde den. Skønt senere Maalinger og Beregninger har vist, at den Platinstang, man i Frankrig havde tilvejebragt som Model for Meteren, afviger lidt fra den oprindelig fastslaaede Værdi, Tyvemilliontedelen af Meridianen, er man dog blevet staaende ved den franske Platinstang, eller rettere ved en ny Mønstermeter, der mellem to Streger paa Overfladen har samme Længde som den gamle mellem Enderne. Afstanden mellem disse to Streger har man vedtaget at regne for den rette Meter, og

efter denne dannes saa alle andre Folkeslags »Normalmetre«. Hvad der gør Metersystemet saa fortræffelig egnet til Anvendelse i Praksis, er dels den konsekvente Gennemførelse af Titalsystemet, dels den simple Sammenhæng mellem de forskellige Arter af Enheder.

Idet Metermaalene efterhaanden er blevet indført i næsten alle Europas Lande, har Befolkningen i disse Lande saaledes faaet et simpelt og praktisk System at regne med; men tillige er Handelssamkvemmet mellem »Meterlandene« blevet lettet betydeligt. Vil vi maale den Betydning, Metersystemet har haft for det forløbne Aarhundredes Udvikling, maa vi endvidere tænke paa den Rolle, det har spillet i Videnskaben og fremfor alt i Elektricitetslæren; alle elektriske Enheder staar i simpel Forbindelse med Meteren og Kilogrammet, og herved har man opnaaet den Klarhed og Oversigt, som muliggjorde en hurtig Fremgang baade i Forstaaelsen og den praktiske Anvendelse af Elektriciteten.

Af Europas Lande holder endnu kun England, Rusland og Danmark fast ved deres gamle, besværlige Maal. I Danmark har Metersystemets Indførelse allerede for mange Aar siden været baade foreslaaet af Regeringen og i Princippet besluttet af begge Rigsdagens Afdelinger; men man har ikke gjort Alvor af det, og stadig væk maa den ene Aargang Unge efter den anden forlade Skolen oplært i det gamle, dødsdømte Maalsystem og senere i Livet spilde megen kostbar Tid paa Regninger, der kunde være gjort overflødige.

Der er endnu en Slags Maaling, som var af stor Vigtighed allerede i Oldtiden, og som vi endnu ikke har omtalt, nemlig Tidsmaalingen.

Paa dette Omraade har Naturen selv foreskrevet de større Enheder — Døgnet, Maaneden og Aaret, — som alle Folkeslag i Hovedsagen har maattet antage; men Døgnets Inddeling i 24 Timer er en menneskelig Opfindelse og vistnok af kaldæisk Oprindelse. Det er ogsaa Kaldæerne, som har inddelt Timen i 60 Minutter og Minuttet i 60 Sekunder; i det hele taget var en saadan Tresdeling gennemført i det kaldæiske Maalsystem ligesom Tidelingen i Metersystemet, og vi har bevaret denne Tresdeling ikke blot i Timens, men ogsaa i Vinkelgradens og Cirklens Inddeling.

Til Bestemmelse af Timernes Gang havde man det store »Himmelurværk«, hvor Solen beskrev $^1/_{24}$ af sin Cirkelbue i en Time. Vel kunde man ikke oppe paa Himmelbuen sætte Mærker til Afgrænsning af Timerne; men man kunde paa mange Maader lave Solure, hvor Skyggen af en eller anden Genstand var Viseren, som Solen selv i Dagens Løb førte hen over Inddelinger og Tal, der angav Timerne. Men da disse Solure havde den store Fejl kun at gøre Tjeneste, naar Solen skinnede, maatte man se at finde andre Tidsmaalere, som kunde bruges til enhver Tid, naar deres Gang forud var sammenlignet med Solurenes.

En saadan Tidsmaaler, der ligesom Soluret har været i Brug baade hos Kinesere, Hinduer, Kaldæere og Ægyptere saa langt

tilbage, som Historien rækker, er Vanduret. Dette var i Reglen et Kar, der forneden havde et lille Hul, gennem hvilket Vandet løb langsomt ud. I Begyndelsen, naar der var høj Vandstand over Hullet, løb Vandet hurtigere end senere, men naar Karret gjordes tragtformet, skulde der ogsaa i Begyndelsen løbe mere Vand ud, for at Overfladen kunde synke et bestemt Stykke; ved at afpasse Karrets Form paa rette Maade kunde man da med større eller mindre Tilnærmelse opnaa, at Overfladen sank jævnt. Ofte anbragte man i Vandet en Svømmer med en lodret, inddelt Stilk, og idel Stilkens Inddelinger og Tal bevægede sig forbi et fast Mærke, kunde man følge Vandets Synken.

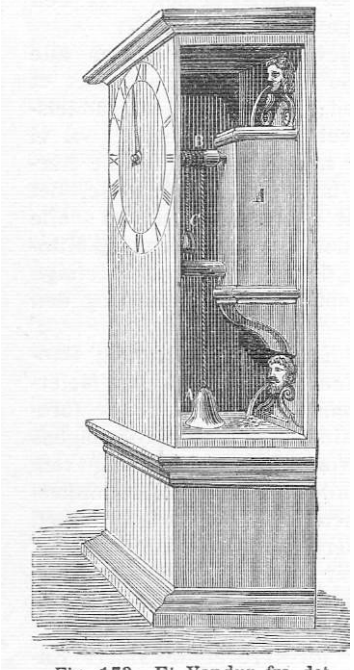


Fig. 172. Et Vandur fra det 18. Aarhundrede.

Undertiden lod man Svømmeren eller det udløbende Vand dreje et Hjul, som atter kunde sætte andre Hjul i Bevægelse. Ktesibios (S. 78). der levede i Aleksandria c. 140 f. Kr. konstruerede saadanne kunstige Vandure med Tandhjulsforbindelser og desuden med Timeslag, som frembragtes derved, at smaa Sten af Urværket kastedes i et Metalbækken.

I Kina er Vandurene endnu i vore Dage meget almindelige, og i Europa har de været i Brug helt ind i det 18. Aarhundrede. Fig. 172 viser et Vandur fra den Tid. Vandet fra en Beholder *A* strømmer her ud i en anden Beholder, hvor det bringer en svømmende Klokke til at stige; ved Hjælp af en Snor, som holdes strammet af et Lod, drejer Svømmeren en Aksel med Viser. Ved Tilløb fra oven holdes Beholderen *A* stadig fyldt med Vand til en vis Højde, i hvilken der er anbragt et (skjult) Afløbsrør, som fjærner det overskydende Vand; man opnaar derved, at Afløbet forneden og følgelig ogsaa Svømmerens Bevægelse bliver jævn.

Fig. 173. Et Timeglas.

Foruden Vandure benyttedes tidligt Sandure, hvor Tiden bestemtes ved Sands Udstrømning af en snæver Aabning. Den bedst kendte Form for Sandure er de saakaldte Timeglas (Fig. 173) med to pæreformede Glas, forbundne ved en Stilk, som danner en snæver Forbindelse mellem de to Rum. Naar Timeglasset skal bruges, vendes det, saa at det nederste, sandfyldte Rum kommer øverst, og alt Sandet vil da løbe ned gennem Stilken i Løbet af en

Time (eller en anden Tid, efter hvilken Sanduret er beregnet). I danske Kirker var der tidligere undertiden anbragt et Timeglas paa Prædikestolen, for at Præsten kunde passe ikke at strække sin Tale for længe ud, og ganske paa samme Maade anvendtes Timeglasset af græske Talere. I vore Dage benytter Sømændene Sandure, naar de bestemmer Skibets Fart ved Loggen.

Allerede i Middelalderen lærte man i Evropa — rimeligvis fra Araberne — en helt anden Slags Ure at kende, nemlig Hjulure, som blev drevet ved et Lod Loddet hænger i en Snor, der er viklet om en Akse.., og drejer, idet det synker, Akselen rundt. Ved Tandhjulsforbindelser drejer denne Aksel andre Aksler endnu hurtigere rundt. Paa den hurtigst gaaende af dem anbragte man rimeligvis til at begynde med et Vindfang, som skulde holde Urets Bevægelse jævn, idet Luftens Modstand mod Vindfanget hindrede Farten i at overskride en vis Grænse; nogen synderlig ensartet Gang kunde man dog ikke opnaa ved en saadan Vindfangsregulering, som forøvrigt i vore Dage bruges i Spilledaaser, Løbeværker i Telegrafapparater o. fl. Vindfanget blev da ogsaa tidligt erstattet af et »Hæmværk«, hvis Indretning vil forstaas ved Betragtning af Fig. 174. Paa Urværkets hurtigst gaaende Aksel er anbragt et Tandhjul *s* af ejendommelig Form, Stighjulet eller Ganghjulet. Foran det staar en lodret Aksel, Spindelen, med to Flige *a* og *b,* som kan gribe ind i Ganghjulets Tænder henholdsvis forneden og foroven. I Figuren bærer Spindelen foroven et Svinghjul, men i Stedet for dette fandtes der i gamle Dage blot en vandret Tværstang, den saakaldte Bilanz, som var belastet med Vægte. Under Urets Gang vil vekselvis den ene og den anden af Spindelfligene rammes af Ganghjulets Tænder, hvilket har til Følge, at Bilanzen vekselvis svinges »højre om« og »venstre om« medens samtidig Ganghjulets Bevægelse hæmmes paa en saadan Maade, at det kun kan komme en Tand frem, for hver Gang det har ladet Bilanzen vrikke en Gang højre og en Gang venstre om. Spindelen

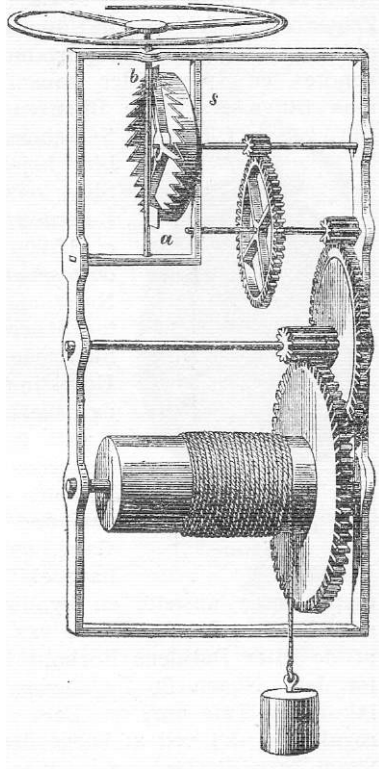


Fig. 174. Hjulur med Lodder, ældre Konstruktion.

med Rilanzen var i nogle Ure ophængt i 1o parallele Traade, som snoede sig sammen ved Bilanzens Udsving og derfor vilde søge at føre den tilbage til Midterstillingen. Jo tungere Bilanzen er, des længere Tid tager dens Svingninger, og man kan altsaa tilpasse Urets Gang ved Belastning af Bilanzen. Men da Svingningstiden desuden afhænger af Størrelsen af de Stød, Spindelfligene faar fra Ganghjulet, vil den større eller mindre Gnidningsmodstand i det øvrige Urværk ogsaa kunne paavirke Urets Gang.

I Tidens Løb vandt disse Ure eller »Sejerværker« (af det tyske Zeiger, en Viser) megen Udbredelse dels som faste Taarnure o. lgn., dels som mindre, transportable Urværker, i hvilke der da ofte anvendtes en Spiralfjeder som Drivkraft i Stedet for et Lod. Idet man tillige erstattede Bilanzen med andre Ting, der kunde sinke Bevægelsen f. Eks. en Svinebørste, som under Spindelens Svingninger blev bøjet vekselvis til den ene og den anden Side, naaede man endogsaa til at konstruere 1 .ommeure. En Niirnberger, Peter Henlein, skal c. 1510 have udbredt saadanne Lommeure, der senere blev lavet i aflang Form og fik Navn af levende Niirnbergeræg. I det hele taget naaede Urmagerkunsten i det 16. Aarhundrede i flere Henseender en ikke ringe Udvikling. Man anbragte baade Slagværker og Vækkemekanismer paa Urene, og man lavede kunstige Værker, som ikke blot viste Timernes Gang, men ogsaa lod Sol, Maane og Planeter dreje sig om Jorden. Men med del, der dog var Hovedsagen, Urenes nøjagtige Gang, stod det kun daarligt til. Vilde man have et Taarnur til at vise nogenlunde rigtigt, maatte man ansætte en kyndig Mand til stadig at efterse det og stille det, og at dette ikke var noget ringe Arbejde, kan man slutte af de efter Datidens Forbold betydelige Lønninger, der udbetaltes for det. Nogen fin Regulering af Urværkerne kunde der aabenbart ikke være Tale om; om Uret i Ribe Domkirke berettes det, at man regulerede det ved at lægge flere eller færre Mursten paa Bilanzer. Skønt Tyge Brahe paa Uranienborg havde 4 store Sejerværker foruden Lommeur, udførte han sine Maalinger af korte Tidsrum ved at veje den Mængde Vand eller Kviksølv, som løb ud af en fin Aabning.

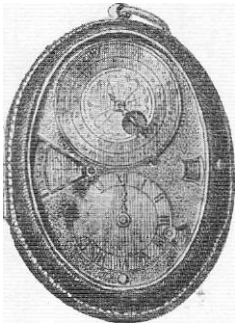
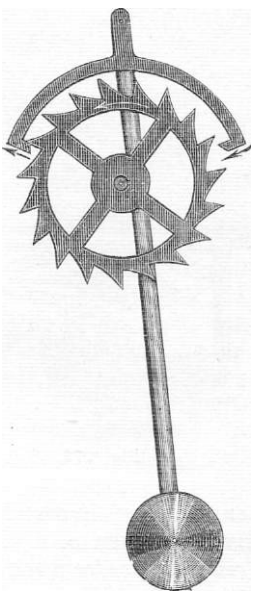


Fig. 175. Tyge Brahes Lommeur.

Der var utvivlsomt mange dygtige Urmagere, som grundede paa at finde Midler til at give Urene en nøjagtigere Gang; men det afgørende Fremskridt skulde imidlertid komme fra en helt anden Side. Da den unge Italiener Galiei 1583 i Domkirken i Pisa ved Betragtning af Lysekronernes Svingninger førtes ind paa Overvejelser over Lovene for Pendulsvingninger, var det ikke Ønsket om at forbedre Urene, men Haabet om at vinde Forstaaelse af Naturlovene, der

ledede hans Tanker. Men den Opdagelse han gjorde, — nemlig at den Tid, et bestemt Pendul bruger til at udføre en Svingning altid er ens, naar blot Svingningerne er smaa, — blev af største Betydning for Urmagerkunstens Udvikling. Galilei foreslog selv, at man skulde indrette en Slags Tidsmaaler ved at forbinde Pendulet med et Tælleværk, der kunde vise Antallet af dets Svingninger; men et praktisk Resultat opnaaedes først, da den store hollandske Naturforsker Huyghens (højgens) forbandt et af de sædvanlige Hjulure med et Pendul. I 1657 tog han Patent paa disse Pendulure, i hvilke Spindelen blev bragt i Forbindelse med et Pendul i Stedet for med Bilanzen; denne Ændring blev i den nærmeste Tid indført i mange af de ældre Ure. Allerede i 1659 opfandt Huyghens tillige Ankergangsmekanismen, der frembringer en meget paalideligere Gang end Spindelmekanismen.

Fig. 176 viser et Hæmværk af denne Art; Tandhjulet i Figuren er Ganghjulet og maa altsaa tænkes anbragt paa Hjulværkets hurtigst gaaende Aksel ligesom Ganghjulet s i Fig 174. Til det svingende Pendul er der, som Figuren viser, fastgjort en Bøjle, Ankeret, med to Hager. Under Pendulets Svingninger vil disse Hager vekselvis gribe ind i Ganghjulets Tænder ligesom tidligere Spindelfligene saaledes, at Hjulet kun kan slippe en Tand frem for hver Svingning til højre og til venstre, Pendulet udfører. Paa den anden Side vil Ganghjulets Tænder ved et lille Tryk paa Ankerhagens skraa Flade, idet den slipper dem, bevirke, at Pendulets Svingninger ikke formindskes.



1

Fig. 176. Pendul med Anker og Ganghjul.

Da Pendulets Svingningstid og dermed den Tid, Ganghjulet bruger om at gaa en Tand frem, alene afhænger af Pendullængden, vil man nu i Hjulværket, der med sine Visere kan betragtes som et Tælleværk for Pendulets Svingninger, have en Tidsmaaler, der er uafhængig af Akselsmørelse, Urloddets Størrelse o. lgn Ved at forandre Pendullængden (skrue den linseformede Klump op eller ned) regulerer man Urets Gang.

I Nutidens Pendulure er Ankeret ikke fast forbundet med Pendulet, men bærer en Stang, der med en Gaffel griber om Pendulstangen.

I Ure til Lomme- eller Skibsbrug kunde man naturligvis ligesaa lidt bruge Pendul som Lod. Det er tidligere omtalt, at man her frembragte Drivkraften ved en stærk Spiralfjeder. Huyghens anbragte nu ogsaa i saadanne Ure en lignende ligetidig Mekanisme som Pen-

dulet, nemlig en fin Spiralfjeder, der blev forbundet med et lille Svinghjul; denne Indretning kaldes Uroen.

Fig. 177 viser Værket i et gammelt Spindelur med Drivfjeder, *A,* og Uro, *N.* Hæmværket er den tidligere beskrevne Spindelmekanisme, men til den øverste Del af Spindelen er der foruden et lille Svinghjul fastgjort den ene Ende af en Spiralfjeder, hvis anden Ende er fæstet til Stativet. Naar Drivfjederen spændes (trækkes op) sætter den alle Hjulene i Bevægelse, Ganghjulet *M* hurtigst; dette sætter atter ved Hjælp af Spindelfligene Uroen i Svingninger, og disse Svingninger foregaar stadig i samme Takt. Idet Uroen drejes, vil Spiralfjederen nemlig spændes, og Fjederkraften vil derefter føre Uroen tilbage mod Hvilestillingen (den Stilling, hvor Fjederen er uspændt); men da Svinghjulet derved har faaet Fart paa, vil Bevægelsen fortsættes om paa den anden Side af Hvilestillingen, saa at Fjederen atter spændes, hvorefter Fjederkraften paany fører Uroen tilbage mod Hvilestillingen o. s. v. De Svingninger, som Fjederkraften saaledes frembringer frem og tilbage om Hvilestillingen, er nu ligesom de Svingninger, Tyngdekraften faar et Pendul til at udføre, temmelig ligetidige, d. v. s. den Tid, en Svingning tager, er temmelig uafhængig af Svingningernes Størrelse. Svingningstiden bestemmes dels af Spiralfjederens Længde, Tykkelse m. m., dels af Svinghjulets Størrelse, og da Ganghjulet kun kan slippe en Tand frem for hver Svingning til højre og til venstre, Uroen udfører, afhænger Urets Gang kun af de ovennævnte Størrelser, men ikke af Drivfjederens Styrke eller af Gnidningsmodstande i Værket.

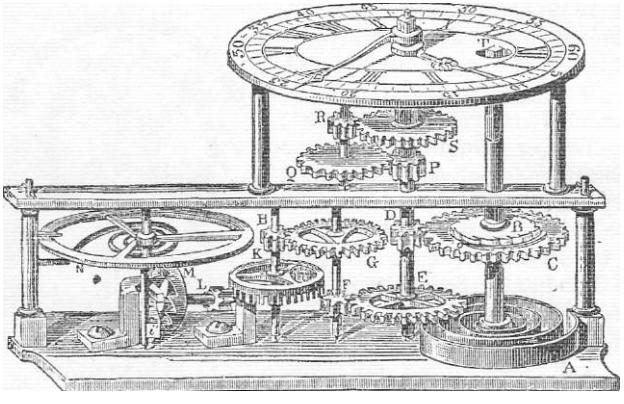


Fig. 177. Spindelur med Drivfjeder og Uro.

Dette er i alt Fald Idealet, men det naas rigtignok kun temmelig ufuldkomment ved Spindelmekanismen, idet Ganghjulet og dermed det øvrige Værk i Virkeligheden faar en ikke ringe Indflydelse paa Uroens Svingninger. Man indførte derfor ogsaa i Lommeurene i Stedet for Spindelen med dens Flige en Ankergangsmekanisme, der dog maatte indrettes en Del anderledes end i Pendulurene. En anden Slags Hæmværksmekanisme er Cylindergangen, som blev opfundet

c. 1695 af Englænderen Thomsen og snart efter meget forbedret af hans Landsmand Graham. I »Cylinderurene« er der paa Uroens Aksel anbragt en hul Cylinder, (B Fig. 178) som er aaben paa den ene Side (ligesom et Skilderhus); den griber under Uroens Svingninger saaledes ind i Ganghjulet A's Tænder, at disse vekselvis støder mod Cylindervæggens ydre og indre Side. I lange Tider har Cylinderurene været de almindeligste, men nu vinder Ankergangsurene Udbredelse paa deres Bekostning.

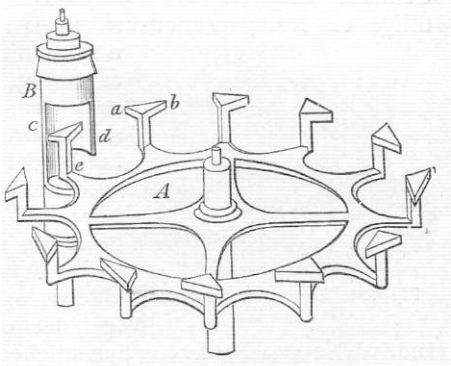


Fig. 178. Cylindergang.

Hverken ved Cylindergangen eller Ankergangen bliver Uroens Svingningstid dog helt upaavirket af Ganghjulet og det øvrige Værk; dette opnaas langt fuldkomnere ved »den fri Gang«, der anvendes i meget fine Ure navnlig til Skibsbrug, de saakaldte Kronometre. Fig. 179 viser en Gang af denne Art. Her holdes Ganghjulet i Ro derved, at en af dets Tænder s hviler mod en Sten, Hvilestenen, der sidder paa en Fjeder *mn.* En Skive *F* paa Uroens Aksel *f* bærer en Ædelsten z_2, som en Gang under hver Dobbeltsvingning (Svingning frem og tilbage) af Uroen slaar imod Enden af Fjederen *mn)* denne Fjeder vil da et Øjeblik bøjes saa meget til Side, at Ganghjulet slipper løs; men da Fjederen straks gaar tilbage igen, naar Ganghjulet kun at komme en Tand frem og maa saa igen ligge stille, til det udløses næste Gang og faar Lov at gøre et nyt Spring; disse Spring foregaar saa hurtigt, at Øjet ikke kan følge dem; man kan derfor slet ikke se, at Ganghjulet i et Kronometer bevæger sig. Under Springet støder en af Ganghjulets Tænder mod en anden Ædelsten 2_1; der sidder paa en paa Uroakslen anbragt større Skive *Ee,* og ved disse smaa Stød holdes Uroens Svingninger vedlige; men under hele Ganghjulets Hviletid bevæger Uroen sig fuldstændig frit. — Da Ure med en saadan Kronometergang ikke godt taaler Rystelser, egner de sig ikke til Lommeure.

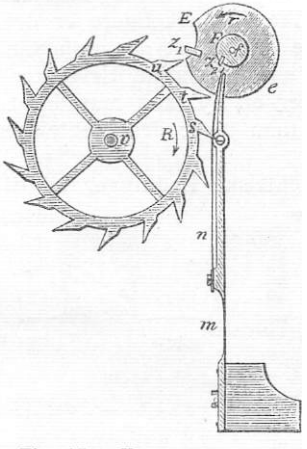


Fig. 179. Kronometergang.

Selv den fortræffeligste Gangmekanisme kan imidlertid ikke raade Bod paa den Omstændighed, at Ure gaar langsommere i Varmen

end i Kulden, — Pendulure, fordi Pendulet bliver længere, — Ure med Uro, bl. a. fordi Svinghjulet faar større Tværsnit. Den før nævnte Graham opfandt flere Maader, paa hvilke man kunde ophæve — kompensere — Varmens Virkninger paa Pendulet. Den engelske Urmager Harrison 'førte Grahams Arbejder videre og konstruerede tillige en Kompensationsuro (Fig. 180). I Stedet for et Svinghjul med sammenhængende Ring findes her to Bøjler, som bæres af Arme, der udgaar fra Uroakslen. Idet Bøjlerne er sammensatte af to forskellige Metaller, af hvilke det yderste udvider sig stærkest ved Opvarmning, vil en Temperaturstigning have til Følge, at Bøjlernes fri Ender bøjer sig indad, samtidig med at de faste Ender føres noget udad ved Armenes Udvidelse, og naar det hele er afpasset rigtigt, idet der ogsaa tages Hensyn til Varmens Indflydelse paa Fjederens Spændighed, vil Resultatet blive, at Uroens Svingningstid holder sig uforandret. Spiralfjederen er i den afbildede Uro oprullet i Cylinderform, som det undertiden bruges i fine Kronometre.

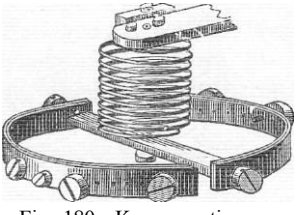


Fig. 180. Kompensationsuro.

Ved Hjælp af de forskellige ovenfor omtalte Opfindelser og en meget nøjagtig Udførelse og Sammenføjning af de enkelte Urdele er det blevet muligt at konstruere meget fuldkomne Tidsmaalere, som gennem længere Tidsrum kan vedligeholde en overordentlig ensartet Gang — det ene Døgn som det andet. Langt vanskeligere er det at faa forskellige af hverandre uafhængige Ure til at gaa nøjagtigt ens •— det ene Ur som det andet. Selv ganske simple Urværker, spredte i forskellige Dele af en Bygning eller en By, kan man imidlertid tvinge til stadig at følges ad, naar man tager den elektriske Strøm til Hjælp.

Fra et Hoved- eller Normalur føres elektriske Ledninger ud til de Ure, Biurene, som skal bringes til at følges ad indbyrdes og med Hoveduret. Dette bliver da i Reglen indrettet til at slutte en elektrisk Strøm gennem Ledningerne hvert Minut, f. Eks. paa den Maade, som er antydet i Fig. 181. Paa en af Urværkets Aksler *w,* som gaar en Gang rundt i Minuttet, er anbragt en Stift z; en Gang under hver Omdrejning trykker denne Stift den ene Ende af Fjederen *f* ned mod et Fremspring paa *bg,* hvorved der sluttes en Strøm fra Batteriet *B* gennem Ledningen til Urene I og II. Ved den paa

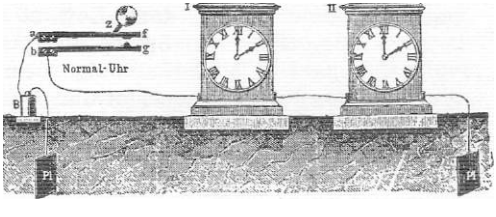


Fig. 181. Elektrisk Forbindelse mellem ure.

Figuren angivne Ordning er der kun anvendt en enkelt Ledningstraad og saa anbragt Jordplader ved Ledningens Ender (se S. 48),

Biurene indrettes simplest som »Minutspringere«; Værket i et saadant Ur kan være indrettet som vist i Fig. 182. Idet Strømmen fra Hoveduret henne i Biuret ledes gennem en Elektromagnet *AA,* vil denne ved hver Strømslutning tiltrække et Jærnstykke, Ankeret; en lille Stang, som er anbragt paa Ankerets Forlængelse *b,* skubber da et Tandhjul en Tand frem. Da Strømmen sluttes hvert Minut, og Hjulet har 60 Tænder, kan man ligefrem anbringe Minutviseren paa dets Aksel; Timeviserens Aksel forbindes ved en passende Tandhjulsforbindelse med Minutviserakslen.

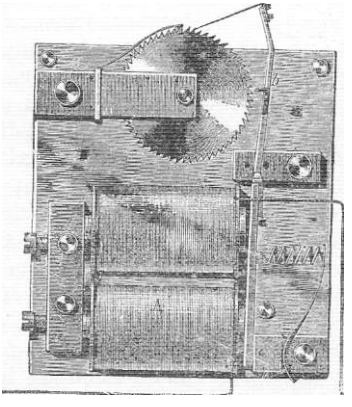


Fig. 182. Værket i et elektrisk Biur.

Fra et enkelt Hovedur kan drives over 100 saadanne Biure, men ved store Anlæg kan man paa forskellige Steder anbringe saakaidte Relæure, der vel reguleres fra Hoveduret, men har selvstændig Drivkraft og selv slutter en Strøm, der saa driver en Gruppe Biure. Paa denne Maade kan et ubegrænset Antal Ure over en hel Storstad tvinges til at følge et enkelt Normalur, som reguleres fra et astronomisk Observatorium. Til astronomiske Iagttagelser maa nemlig til syvende og sidst al Tidsbestemmelse føres tilbage.

Ved Elektricitetens Hjælp kan et Ur ikke alene stille andre Ure, men ogsaa udføre mange andre Arbejder som f. Eks. til bestemt Klokkeslet at give Signaler, sætte Elektromotorer i Gang, tænde og slukke elektriske Lamper eller Gaslamper med elektrisk Tænding o. s. v. paa forskellige Steder af en Bygning. Dette kan f. Eks. opnaas derved, at der paa Timeviserens Aksel anbringes en Skive med Fremspring (som *w* i Fig. 181), som kan indstilles til paa det ønskede Klokkeslet at slutte en elektrisk Strøm, der saa udfører det paaga;ldende Arbejde. En Forretningsmand, der ønsker, at Lamperne i hans Udstillingsvindu skal brænde efter Lukketid, kan f. Eks., naar han forlader Forretningen, paa denne Maade give sit Ur Ordre til at slukke Lamperne et bestemt Antal Timer, efter at han er gaaet. — I København bringer et Ur paa astronomisk Observatorium hver Søgnedag Kl. 1 en Kugle til at falde fra Toppen af en Stang paa Nikolaj Taarn og giver saaledes Tidssignal for Byen og Havnen.

Ved »elektriske Ure« forstaar man undertiden Ure, der faar Drivkraften ikke fra et Lod eller en Drivfjeder, men fra et lille til Uret hørende galvanisk Batteri (eller anden Elektricitetskilde). To gode Tørelementer kan'holde et saadant Ur i Gang et Aar eller to.

Medens Tidsraaalingen saa vel som Maaling af Vægt og Længde havrie stor Betydning allerede i Oldtiden, er der talrige andre Slags Maalinger, som man først er begyndt at udføre i en senere Tid. Hertil hører blandt andet Maaling af Varmegrad.

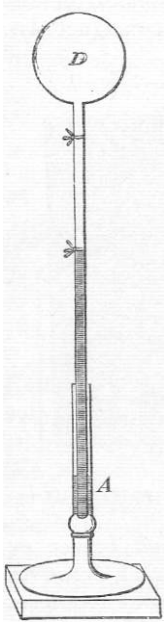


Fig. 183. Galileis Termometer.

Saavidt man ved, er det Galilei, der har opfundet det første Termometer (1592). Det var et Luft-termometer, som bestod af en luftfyldt Kugle med et langt nedadvendt Rør, hvis Munding gik ned i et Kar eller Rør med Vand. Inden Termometerrøret blev sat ned i detie Kar, var Luften i Kuglen blevet opvarmet med Haanden, og naar den senere afkøledes og derved formindskede sit Rumfang, steg Væsken fra Karret et godt Stykke op i Termometerrøret; den saaledes hævede Væskesøjle vilde derefter stige eller synke i Røret, eftersom Luftens Varmegrad henholdsvis faldt eller steg. Noget senere anvendte Otto v. Guericke i Magdeborg, Luftpumpens Opfinder (S. 77), lignende Termometre, hvor Røret dog ikke gik ned i et Kar med Vand, men var ombøjet omtrent paa Midten og havde Vand i begge de saaledes fremkomne Rørgrene. Guericke forstod at vække Interesse for den nye Opfindelse udenfor Videnskabsmændenes Kreds. Han anbragte nemlig udenpaa sit Hus et stort Termometer med en Svømmer i det ombøjede Rørs aabne, opadvendte Gren; fra Svømmeren gik en Snor op over en Trisse og bar i sin anden Ende som Modvægt en Engel, der med udstrakt Haand pegede paa en Skala med Inddelinger, og ud for disse stod Indskrifter, som betegnede Luftens Varmetilstand; da Englen stadig var i Bevægelse, kaldte Guericke Apparatet: Mobile perpetuum (det altid bevægede).

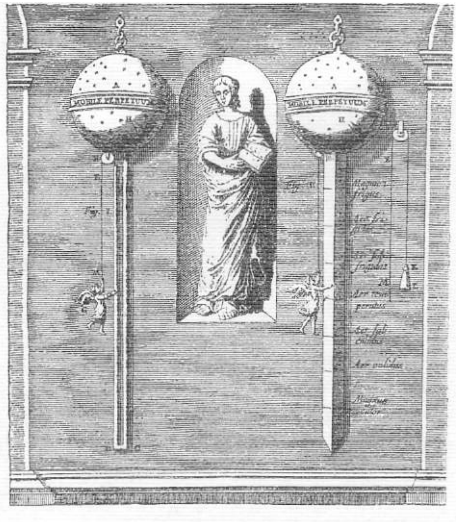


Fig. 184. Guerickes Termometer.

Galileis og Guerickes Termometre havde imidlertid den slemme Fejl, at de paavirkedes ikke alene af Forandringer i Luftens Varmegrad, men ogsaa af Lufttrykkets Forandringer.

Ved Midten af det 17. Aarhundrede blev der i Italien konstrueret Termometre, der ligesom Nutidens bestod af en vædskefyldt Beholder, hvorfra der udgik et langt, snævert, i den anden Ende tilsmeltet Rør, som forsynedes med Inddelinger. Men skønt det temmelig tidlig blev erkendt, at Vandets Frysepunkt og dets Kogepunkt (ved normalt Lufttryk) er faste Temperaturer, gik der et Aarhundrede efter Væsketermometrets Opfindelse, inden det baade i Teori og Praksis blev almindelig gennemført at lægge disse Temperaturer til Grund ved Termometrenes Inddeling, som det sker i vore Dage. Mange andre Temperaturer blev anvendt eller bragt i Forslag, f. Eks. Smørrets Smeltepunkt, Legemstemperaturen hos et sundt Menneske, Temperaturen af en Kuldeblanding (Is, Vand, Salmiak og Kogsalt).

Strækningen mellem Frysepunktet og Kogepunktet var paa Tyskeren Fahrenheits Termometre inddelt i 180 Dele, og de havde Tallet 32 ved Fryse-, 212 ved Kogepunktet; senere satte Franskmanden Réaumur 0 ved Fryse-, 80 ved Kogepunktet, og begge disse to Inddelingsmaader er desværre blevet staaende i mange Lande, skønt den Hundrededeling, som den svenske Astronom Anders Celsius indførte i Midten af det 18. Aarhundrede, ubetinget er at foretrække og almindelig anvendes i Videnskab og Teknik.

Ønsket om, at man kunde faa al vide, hvor langt Temperaturen gik ned om Natten, uden at behøve at vaage af den Grund, gav tidlig Anledning til Konstruktion af Minimumstermometre. Det simpleste af disse er angivet 1794 af den skotske Læge og Botaniker Rutherford. Det er et vandret anbragt Spiritustermometer med en lille farvet Glaspind i Røret indenfor Væskens Overflade; trækker denne sig tilbage ved Afkøling, følger Pinden med tilbage, men naar Væskeoverfladen atter gaar fremad, bliver Pinden liggende, saa at dens forreste Ende angiver den laveste Temperatur. Naar denne er aflæst, kan man ved at dreje Termometret noget, saa at Kuglen kommer øverst, bringe Glaspinden til at glide ned til Overfladen paany. — Paa lignende Maade indrettede Rutherford Maksimumstermometre, hvor Væsken, der her er Kviksølv, skubber en Pind (af Glas eller Jærn) frem foran sig under Temperaturstigning.

For henved et Aarhundrede siden opfandt den danske Urmager Urban Jørgensen Metaltermometret, i hvilket man ligesom i Kompensationsuroen benytter den Omstændighed, at en Metalbøjle, dannet af to Lag af forskellige Metaller, forandrer sin Krumning, naar Varmegraden ændres. Gøres Bøjlens ene Ende fast, vil en Opvarmning altsaa frembringe en Bevægelse af den frie Ende, og denne Bevægelse kan paa forskellig Maade overføres til en Viser, som bevæger sig hen over en Skala.

I de selvtegnende Termometre, som i vore Dage anvendes ikke blot ved meteorologiske Forsøg, men ogsaa ved visse tekniske Virksomheder, f. Eks. i Maltgørerier, hvor man vil kontrollere, om Temperaturen stadig holder sig indenfor de tilladelige Grænser, bruger man i Stedet for en Bøjle af to Metaller i Reglen et fladt,

bueformet Metalrør (k i Fig. 185), som er lukket i begge Ender og fyldt med Spiritus; ved Opvarmning vil Væsken udvide sig langt stærkere end Metallet, og Væsken vil da ved sit Tryk paa Rørets Vægge forandre Formen af dets Tværsnit, hvad der atter har til Følge, at Røret som Helhed retter sig noget ud. Da denne Bevægelse foregaar med betydelig Kraft, kan den gennem forskellige Stang- og Ledforbindelser overføres til en lang Viser, hvis fri Ende ved en Skrivestift tegner paa en roterende Cylinder. Naar Varmegraden holder sig uforandret, bliver den tegnede Linje en Cirkel rundt om Cylinderen, medens den ved Temperaturforandringer danner Bugter. Cylinderen føres af et Urværk en Gang rundt i Løbet af en Uge, en Dag eller anden bestemt Tid. For at Luften kan komme til Termometret, er det anbragt i en særlig gennemhullet

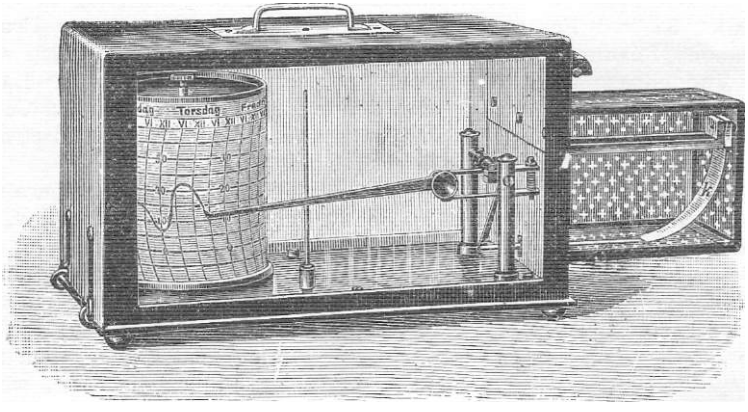


Fig. 185. Selvtegnende Termometer.

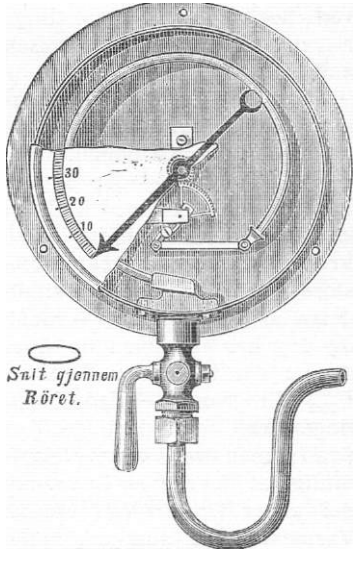
Kasse for Enden af den Kasse, der indeholder Skriveapparatet.

Omtrent samtidig med Væsketermometret opfandtes i Italien Barometret af Galileis Discipel Toricelli. Man havde længe, uden at forstaa Aarsagen dertil, iagttaget, at selv de bedste Sugepumper ikke kunde suge Vandet til Vejrs op over en vis Højde. Nu fik Toricelli den Tanke, at denne Grænsehøjde rimeligvis vilde være langt ringere ved det tunge Kviksølv end ved det lette Vand, og at det derfor vilde være simplere at anstille Undersøgelser over Sagen med Kviksølv. Hans Ven Viviani prøvede da at hælde et omtrent en Meter langt, i den nederste Ende lukket Glasrør helt fuldt af Kviksølv, sætte Fingren for den aabne Ende og stikke denne ned i en Skaal med Kviksølv, idet Røret vendtes om. Da han derefter tog Fingren fra, viste det sig, at Kviksølvet sank ned fra den øverste lukkede Ende af Røret, dog ikke længere end, at der i Røret blev staaende en c. 76 Centimeter høj Kviksølvsøjle, ovenover hvilken der altsaa var et lufttomt Rum.

Toricelli blev hurtigt klar paa, at det var Atmosfærens Tryk paa Kviksølvet i Skaalen udenfor Røret, der holdt Kviksølvsøjlen oppe i Røret; paa Grund af Luftens ringe — men dog ikke forsvindende -— Vægt kunde det Tryk, en Kviksølvsøjle paa 76 Cenlimeters Højde inde i Røret udøvede paa Kviksølvet i Skaalen, holde Ligevægt med det Tryk. et Lufthav af liere Mils Højde over Jorden udøvede paa en tilsvarende Del af Kviksølvoverfladen udenfor Røret. Da Kviksølvets Vægtfylde er henved 14 Gange saa stor som Vandets, sluttede Toricelli, at Lufthavets Tryk vilde være i Stand til at bære en Vandsøjle henved 14 Gange saa høj som Kviksølvsøjlen, og dette stemmede meget godt med Iagttagelserne ved Pumpning.

Kviksølvhøjden i Røret kunde nu ligefrem tjene som Maal for Lufttrykkets Størrelse, der snart viste sig at være foranderlig fra Dag til Dag. I Stedet for Skaalen og det løse Rør indførtes snart et Apparat, der var indrettet ligesom Kviksølvbarometre i vore Dage med et forneden ombøjet Rør og en Maalestok foroven. Toricelli fandt selv, at Kviksølvets Stigen og Dalen i Barometret stod i Sammenhæng med Vejrligets Forandringer, og det ny Apparat fik derved foruden sin videnskabelige Betydning stor almindelig Interesse som Vejrprofet.

Med Barometret som Udgangspunkt konstrueredes efterhaanden mange forskellige Apparater til Maaling ikke blot af Atmosfærens Tryk men ogsaa af Tryk, der frembragtes af sammenpresset og fortyndet Luft eller af Damp. Til praktisk Brug er Trykmaalere, ved hvilke man skal maale Højden af Kviksølvsøjler, for største Delen afløst af de mere bekvemme Metaltrykmaalere. Fig. 186 viser et Apparat af denne Art, der blandt andet bruges til Maaling af Damptrykket i en Dampkedel. Det minder i Princippet om det S. 214 omtalte Termometer, som benyttedes i selvtegnende Instrumenter. Det bøjede Metalrør, som ses i Fig. 186, er hult og fladtrykt, omend ikke saa fladt som Røret *k* paa Fig. 185. Naar dets Indre sættes i Forbindelse med det Damprum eller Luftrum, hvis Tryk skal maales, retter Røret sig noget ud og des mere, jo større Trykket er. Rørets Bevægelse overføres, som vist, ved Stænger, Led og Tandhjul til en Viser, som peger paa Inddelinger paa en Skive, der i Figuren for største Delen er fjærnet.



Fis 186. Trykmaaler.

Barometre eller andre Trykmaalere (Manometre) kan ligesom Termometre og talrige andre Maaleinstrumenter gøres selvtegnende; det er tidligere nævnt, at James Watt opfandt en Trykmaaler, Indikatoren, som selv optegnede Damptrykket i Dampmaskinens Cylinder under Stemplets Bevægelse.

Næst efter Maalestokke og Rummaal, Vægte og Ure er Termometre og Barometre sikkert de Maaleapparater, som har fundet størst Udbredelse i det daglige Liv. Men foruden dem er der i den nyere Tid indført en uoverskuelig Mængde Maaleinstrumenter af forskellig Art i Naturvidenskaben og Teknikken. Man er naaet mere og mere til Erkendelse af den Sandhed, som iøvrigt er fremgaaet af de paa Naturomraadet banebrydende Folks og Mænds Arbejder (Kaldæer, Grækere, Arkimedes, Galilei o. s. v.), at Klarhed i Viden og Klarhed i al menneskelig Virksomhed maa være knyttet til Maal og Tal.

Man kan her ikke gøre noget skarpt Skel mellem de videnskabelige og de tekniske Maalinger; thi i jo højere Grad Teknikken gør Brug af omhyggelige videnskabelige Maalemetoder, des sikrere og hurtigere skrider den frem. Et storslaaet Vidnesbyrd herom er den rivende tekniske Udvikling, som i de sidste Aartier har fundet Sted i Tyskland, hvor Erkendelsen af denne Sandhed stærkere end i noget andet Land har præget den industrielle Virksomhed (smlgn. S. 105 og S. 127), i den fysisk-tekniske Rigsanstalt i Charlottenburg ved Berlin har Staten tillige skabt en Institution, som er langt rigere udrustet til Udførelsen af alle mulige Maalinger end nogen anden Institution i Verden.

Samtidig med, at Maalekunsten er blevet overordentlig broget og mangfoldig, har den i Henseende til Nøjagtighed naaet en næsten utrolig Fuldkommenhed. Vi regner i Almindelighed en Millimeter — $^1/_{26}$ Tomme — for en meget ubetydelig Størrelse; men ved fine Længdemaalinger. ved hvilke der anvendes Mikroskoper og Finskruer, kan Længder af mindre end en Tusindedel af Millimeteren (en Mikron) komme i Betragtning. — Ved Afvejning af Vægtmængder saa store som et Kilogram skulde man tro, at et Milligram — Milliontedelen af Kilogrammet — maatte være en aldeles umærkelig Størrelse, og dog har man ved de fineste Sammenligninger af Kilogramlodder drevet det til under Vejningerne at kunne mærke en Overvægt af $^1/_{100}$ Milligram. — Ved Kviksølvtermometre indrettede til fine Maalinger kan man iagttage Temperaturforandringer paa omtrent $^1/_{1000}$ Grad; men ved visse elektriske Teniperaturmaalinger er det endog muligt at mærke en Opvarmning paa saadant noget som en Milliontedel af en Grad. Ved saadanne Midler kan man f. Eks. maale den Varmemængde, som udstraaler fra et Menneskes Ansigt til et Hulspejl i 6—700 Meters Afstand. — Ved Elektricitetens Hjælp bliver vi ogsaa i Stand til at bestemme ganske smaa Tidsrum med stor Nøjagtighed. Idet man baade ved Tidsrummets Begyndelse og dets Slutning slutter eller afbryder en elektrisk Strøm, kan man faa to Gnister til at springe over og afsætte Mærker paa en hurtigt roterende Tromle;

ved at maale Afstanden mellem de to Mærker kan man da, naar man tillige kender Tromlens Omdrejningshastighed, udregne Tidsrummets Længde; og det er paa denne Maade muligt at naa en Nøjagtighed af indtil en Hundredetusindedel af et Sekund i Tidsmaalingen. Man kan f. Eks. anvende denne Fremgangsmaade til at bestemme et Projektils Begyndelseshastighed; dels umiddelbart foran Skytsets Munding, dels nogle faa Meter længere fremme paa Projektilets Vej anbringes da elektriske Ledningstraade, hvis Overskydning fremkalder de omtalte Gnister; og derved faar man saa at vide, hvor længe Projektilet var om at gaa fra den ene Traad til den anden. Da en Kanonkugle kan naa en Begyndelseshastighed svarende til henved 1000 Meter i Sekundet, og da Afstanden mellem Traadene kun maa være kort, fordi Hastigheden hurtig mindskes ved Luftmodstanden, indser man, at der her virkelig bliver Tale om at maale en meget ringe Brøkdel af et Sekund.

IX. SKRIVE- OG ROGTRYKKERKUNSTEN.

Fra Billedskrift til Bogstavskrift. — Bogtrykkerkunsten. — Skrivemaskiner og Sættemaskiner. — Stenografi og Fonografi.

Saa fuldkomment et Meddelelsesmiddel Menneskene end har faaet i Talen, er der dog den Mangel ved det, at det kun kan anvendes mellem Mennesker, der opholder sig samtidig paa samme Sted. Det er denne Mangel, der afhjælpes ved Skrivekunsten og paa endnu fuldkomnere Maade ved Bogtrykkerkunsten, der gør det muligt for et Menneske at meddele sine Tanker til Tusinder spredte over et helt Land eller endog over hele Jordkloden. Opfindelsen af Skrivekunsten er ikke nogen enkelt Mands eller noget enkelt Folks Værk. Det praktiske Livs Krav og Erfaringer har allerede paa et meget tidligt Trin af Kulturudviklingen lært Mennesker at finde paa Midler til at give Meddelelser til fraværende. For Jægeren, som stadig maa iagttage og tyde de Oplysninger, Dyrene ved deres Spor og andre Mærker ufrivillig giver ham om deres Færd, ligger det nær ogsaa selv at give sine Jagtkammerater Meddelelser om sin Færd ved forskellige Tegn og Mærker. Paa Steder, hvor han ved, at de kommer, kan han ved at indridse Tegn og Billeder i Jorden, Sten eller Træbark, fortælle dem ikke blot, at han har været der og er gaaet bort i en bestemt Retning, men ogsaa, at han har opdaget en Flok Vildt paa saa og saa mange Stykker o. s. v. Af saadanne Meddelelser kan der efterhaanden udvikle sig en simpel Billedskrift, idet forskellige Ting eller Begivenheder, som der ofte er Anledning til at nævne, betegnes paa vedtagen Maade ved meget

simple Billedtegn. Fig. 187 kan tjene som Eksempel paa en saadan Billedskrift; den er af to nordamerikanske Indianere, som havde paataget sig at være Førere for en evropæisk Ekspedition, udført paa et Stykke Bark og anbragt paa en oprejst Stang for at give Underretning om Ekspeditionen; denne bestod af 8 bevæbnede og 6 ubevæbnede Mand foruden de to Indianere; de tre liggende Kors med bugtede Linjer (Flammer) over i Hjørnerne fortæller, at man havde bivuakeret ved Lejrbaal tre Nætter, og de øvrige Billeder viser, hvad man havde levet af.

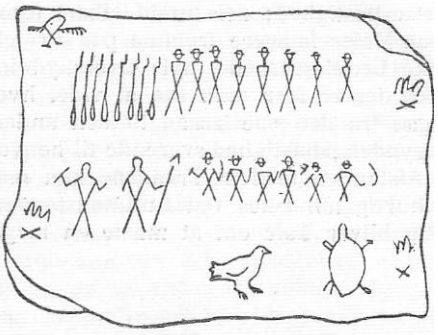


Fig. 187. Indiansk Billedskrift paa et Barkstykke.

Hvad enten den første Begyndelse til Skrivekunsten er opstaaet paa den ovenfor antydede eller paa andre Maader, gaar Billedskriften overalt forud for Lyd- eller Bogstavskrift. Baade de ældste ægyptiske Hieroglyffer og de ældste kinesiske Skrifttegn er mer eller mindre tydelige Billeder af forskellige Genstande.

Skulde Billedskriften blive andet end et ganske groft Meddelelsesmiddel, maatte den paa en eller anden Maade kunne give Udtryk ikke blot for det haandgribelige, men ogsaa for Begreber, som ikke umiddelbart lod sig gengive i Billeder. For at opnaa dette tog man først sin Tilflugt til Symbolikken. En Mund og en Fugl kunde sammenstillet betegne Fuglesang (dette Dobbelttegn brugtes i Kina); et Par Ben kunde bruges som Tegn for Bevægelse o. s v. Men en fuldstændig Gennemførelse af denne Fremgangsmaade vilde støde paa store Vanskeligheder og kunde dog kun give en meget besværlig Skrift. Derimod var man kommet ind paa den rette Vej, da man i Stedet for at bryde sig om Betydningen af de nye Ord, som skulde fremstilles, tog Hensyn til deres Lydlighed med Ord, som fremstilledes af tidligere brugte Billeder. Paa gammelægyptisk hed baade »et Øje« og »at gøre« iri, og Billedet af et Øje blev da ogsaa brugt som Udtryk for det sidste Ord, idet man dog tillige for at betegne Virksomheden tilføjede et Par Ben. Det var naturligvis kun meget faa Begrebsnavne, der lød ligesom Navne paa Genstande, som kunde afbildes; men man kunde faa en hel Del flere med ved at opløse dem i Stavelser, som fik hver sit Billede, altsaa ved at anvende en lignende Fremgangsmaade, som man nu til Dags bruger i Billedgaader, naar f. Eks. Ordet »Straale« fremstilles ved Billeder af et Straa og en Le. Heller ikke dette Middel var blot nogenlunde tilstrækkeligt til Gennemførelse af en Lydskrift; man kunde imidlertid naa videre frem ved at opløse Ordene yderligere og tillige lade

Billederne betegne kun en Del af Lyden af den afbildede Genstands Navn. Hvis man f. Eks. lod Billedet af et Straa ikke belegne hele Lyden »Straa , men kun Begyndelseslyden »Str«, kunde delte Billede aabenbart bruges som Begyndelsestegn i en hel Mængde Ord som Stræng, Strid, Strækning o. s. v. Det er let at forstaa, at man kunde naa til en Bogstavskrift, idet man ved at fortsætte ad denne Vej tilsidst fik Ordene opløst i de forholdsvis faa Enkeltlyde (Bogstavlyde), hvoraf alle Ord er sammensat, og som da kunde faa hver sit Tegn.

I Ægypten fandt der virkelig en saadan Udvikling Sted om end ad noget mere indviklede Veje end ovenfor skildret. Billedet af en Fod, der paa ægyptisk hedder pat, kom saaledes til at betegne Lyden p, og paa samme Maade brugtes andre Hieroglyffer som Tegn for Begyndelsesbogstavet i den afbildede Genstands Navn. Tillige blev de gamle Billedtegn gjort simplere, saa at de blev lettere at skrive, men samtidig svandt Ligheden med de Genstande, de oprindelig skulde forestille. Fig. 188 viser, hvorledes nogle af Hieroglyfferne kom til at se ud i senere ægyptiske Skriftarter. En fuldstændig Gennemførelse af Bogstavskriften fandt imidlertid ikke Sted i Ægypten, idet ældre og nyere Principper blev blandel sammen paa en ret indviklet og besværlig Maade.

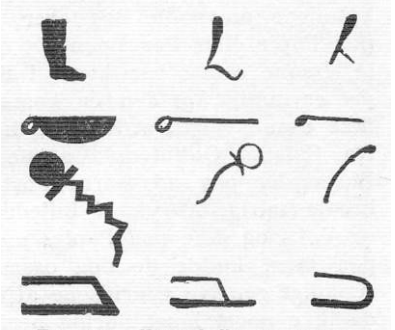


Fig. 188. Hieroglyffer og senere ægyptiske Skrifttegn.

Æren for at have gennemført Bogstavskriften tilkommer de semitiske Folkeslag ved Syriens Kyst, som dog utvivlsomt har hentet Idéen dertil fra Ægypten. I Almindelighed nævnes Fønikkerne som Bogstavskriftens Opfindere, og i hvert Fald har denne søfarende Nation sikkert haft stor Fortjeneste af dens Udbredelse. Baade det græske og det romerske Alfabet og dermed alle evropæiske Alfabeter nedstammer fra del fønikiske, om end Bogstavernes Form har undergaaet saa grundige Ændringer, at de som oftest slet ikke har nogen Lighed med den oprindelige Form.

Hvad Skrivematerialerne angaar, er det allerede tidligere anført (S. 151), at Ægypterne fremstillede en Slags Papir af Papyrusplantens Bast, og Oldtidens Bøger var i Reglen Papyrusruller. Undertiden var de dog skrevet paa det af Dyrehuder fremstillede Pergament, der i Middelalderen fik overvejende Betydning, indtil det tilsidst maatte vige for Bomulds- eller Kludepapiret.

Skrivningen udførtes i Oldtiden ved Hjælp af en eller anden Slags Blæk og en Børpen, som dannedes ved Tilskæring af et Sivrør. Breve blev dog af Romerne i Reglen skrevet paa Trætavler med et Lag Voks, i hvilket Bogstaverne indridsedes. I Middelalderen erstattedes Rørpennene af Fjerpenne, først af Ravnefjer, senere af

Gaasefjer. Staalpennene er ikke stort mere end 100 Aar gamle, og det varede meget længe, inden de blev fremstillet saa billigt, at de kunde konkurrere med Fjerpennene.

Allerede i den græske og romerske Oldtid fandt adskillige Bøger Udbredelse i talrige Eksemplarer, og i Rom fandt der en livlig Boghandel Sted. Til Mangfoldiggørelse af et Skrift kendte man imidlertid ikke andet Middel end Afskrivning, der dog kunde udtøres hurtigere, end man skulde tro, idet talrige øvede Slaver skrev samtidig efter en enkelt Mands Diktat.

Som Opfinder af Bogtrykkerkunsten nævnes jo i Reglen Tyskeren Johan Gutenberg i Mainz, der er født omtrent Aar 1400; men allerede før hans Tid blev dog adskillige udbredte Bøger mangfoldiggjort ved Trykning, idet man udskar Skriften i Trætavler med ophøjede omvendte Bogstaver, sværtede disse og tog Aftryk af dem paa Papir eller Pergament.

Denne Kunst var kendt i Kina langt tidligere end i Evropa, og det er muligt, at den er kommet derfra til os; men det er dog ikke usandsynligt, at Kunsten har udviklet sig her uden Paavirkning fra Østen. Oldtidens Møntstempler og Signeter var jo allerede Eksempler paa udskaarne Forme, ved Hjælp af hvilke man frembragte talrige Aftryk af Billeder og Bogstaver, ganske vist i Metal og Voks og ikke paa Papir; men hvis man strøg Sværte eller Farve paa dem, kunde de dog ogsaa paa Papir mer eller mindre fuldstændigt gengive Omridsene af Billederne og Bogstaverne. Der var da ikke noget langt Spring herfra til den Opfindelse ved Indskæring i Træplader at frembringe ophøjede Figurer, der kunde aftrykkes paa Papir med Sværte. Tidligst anvendtes denne Fremgangsmaade til Fremstilling af Spillekort og Helgenbilleder; under disse sidste blev der ofte udskaaret og trykt en forklarende Indskrift, og herfra gik man saa efterhaanden over til at udskære og trykke hele Tekstsider, ja endog hele Bøger.

Det var imidlertid meget besværligt at udskære de mange Bogstaver, og da hver enkelt Trætavle kun kunde bruges til Trykning af en bestemt Side i en Bog, kunde Arbejdet kun betale sig ved meget udbredte Bøger. Der blev da ogsaa gjort flere Forsøg paa at formindske Arbejdet, idet man sønderskar de udskaarne Trætavler i smaa Klodser med hver sit Bogstav og dannede en ny Tekst ved at sætte de frembragte bevægelige Bogstavforme eller »Typer« sammen i anden Orden. Men man kunde ikke faa Træklodserne, som bar disse Bogstaver, nøjagtigt ens, og naar man sammensatte en Tekstside af dem, vilde Linjerne derfor blive ganske skæve og bugtede. Man naaede altsaa ikke paa denne Maade til en praktisk Løsning af den Opgave at sammensætte Tryktavler af bevægelige Typer. Og hvem der nu end har Æren for først at have fremstillet bevægelige Typer, saa var det i alt Fald Gutenberg, der løste Opgaven paa en praktisk Maade.

Fra udskaarne Trætyper gik Gutenberg over til at anvende

støbte Metalltyper, som han kunde faa af nøjagtig ens Størrelse. Paa denne Maade blev det tillige muligt, naar der først var tilvejebragt en Støbeform for hvert enkelt Bogstav eller Tegn, at frembringe saa mange Typer af hver Slags, som man ønskede, blot ved Støbning i disse Forme. Støbeformen har Gutenberg muligvis tilvejebragt, ligesom det sker i vore Dage, ved at udskære det paagældende Bogstav i et Stempel af haardt Metal og derefter slaa Stemplet ned i en Kobberplade, hvor der saaledes dannedes en Fordybning, som kunde tjene som Støbeform — »Matrice« — for Typerne; i hvert Fald benyttedes denne Fremgangsmaade ligefra Bogtrykkerkunstens allerførste Tid.

Fig. 189. Et gammelt Bogtrykkerværksted

Bogtrykkerpressen er vistnok ogsaa indført af Gutenberg, idet man tidligere, naar man tog Aftryk af Trætavlerne, nøjedes med at gnide hen over Papirets Bagside eller lignende. De første Bogtrykkerpresser var imidlertid Skruepresser af simpel Konstruktion.

For at faa sine Planer iværksat maatte Gutenberg gaa i Kompagni med en rig Retslærd Johan Fust i Mainz. Men efter at Firmaet havde trykt nogle Smaating som en Skolebog, nogle Afladsbreve m. m., og Fremgangsmaaden var blevet udviklet saa meget, at man kunde skride til det store Værk at trykke Bibelen, søgte Fust at skille sig af med Gutenberg og fik ham virkelig ved en Proces tvunget ud af Firmaet, saa at Fust kom til at fuldende Bibelens Trykning uden Gutenbergs Medvirkning. Dog lykkedes det senere Gutenberg at faa oprettet et nyt Bogtrykkeri i Mainz.

Ved Gutenbergs Opfindelser var Bogtrykkerkunsten med et Slag naaet frem til et saadant Standpunkt, at den kunde faa den allerstørste Betydning for Kulturudviklingen, og navnlig viste dette sig i det følgende Aarhundrede, da Luther rejste Kampen mod Pavevælden, og den Ild, han havde tændt, hurtigt fængede over hele Tyskland ved Hjælp af trykte Smaaskrifter, som udbredtes i tusindvis.

De Fremskridt, der er sket paa Bogtrykkerkunstens Omraade efter Gutenberg, er hovedsagelig gaaet ud paa at gøre Arbejdet hurtigere.

Typerne bliver nu i Reglen støbt paa særlige Støberier og ofte

ved Hjælp af Støbemaskiner, som kan støbe 10- 20000 Bogstaver eller mere om Dagen

Af langt større Betydning er dog de Fremskridt, som er gjort med Hensyn til Presserne. Medens man ved de ældste Presser rimeligvis vanskelig kunde tage et Par hundrede Aftryk om Dagen, trykker de moderne Hurtigpresser i faa Timer Verdensbladenes mægtige Oplag, der maa regnes i Titusinder. Som Opfinderen af den første Maskin- eller Hurtigpresse nævnes Tyskeren Konig, der imidlertid først fik sine Planer virkeliggjort i England ved Bladet »Times«, som den 28. November 1814 udsendte det første ved Damphurtigpressen trykte Oplag.

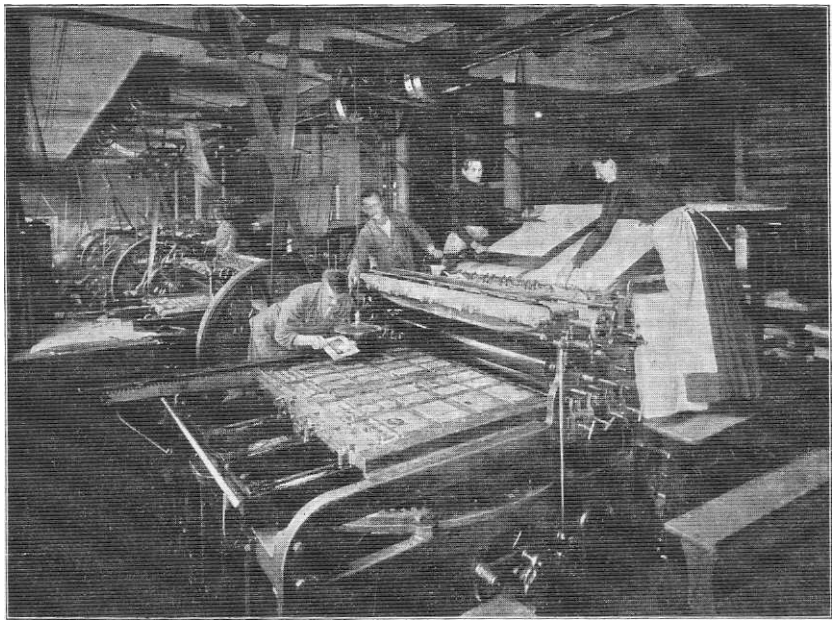


Fig 190. »Frem« trykkes.

Ved Maskinpressen (Fig. 190) besørges baade Typernes Sværtning og selve Trykningen ved roterende Valser. Trykformen anbringes paa en -Karre«, der paa Skinner føres frem og tilbage mellem Farvevalsen og Trykvalsen, paa hvilken Papiret sidder. I de moderne Rotationspresser har man dog helt undgaaet denne frem- og tilbagegaaende Bevægelse, idet Typerne her er anbragt paa en Valse, Skriftvalsen, som under Omdrejningen stadig sværtes langs én Linje og giver Aftryk langs en anden Linje. Fig. 191 viser i Hovedsagen Valsernes Ordning ved en saadan Presse (Viktoriapressen). Her findes to Trykvalser og to Skriftvalser, og idet et Papirbaand, som kan være

mange Kilometer langt, føres mellem dem paa den ved Pilene angivne Maade, bliver det trykt først paa den ene Side og saa paa den anden; af Farvevalser findes der flere, end Figuren viser. Skønt det endogsaa er muligt at trykke Billeder ved Rotationspresser, vil man dog ved illustrerede Værker og i det hele taget, hvor Skønhedshensynet er vigtigere end Hurtighedshensynet, foretrække at anvende almindelige Maskinpresser med plane Trykforme. Det er navnlig for de store Dagblade, at Rotationspresserne har Betydning.

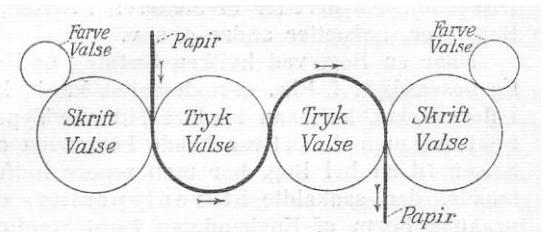


Fig. 191. Valserne i en Rotationspresse.

Sætningen, d. v. s. det Arbejde at sammensætte Typerne til Tekst, udføres ogsaa i vore Dage i Reglen med Haanden. Sætteren har Typerne anbragt foran sig i en »Skriftkasse« med en Mængde smaa Rum, der hver indeholder en bestemt Slags Bogstaver eller Tegn. I venstre Haand holder han den saakaldte Vinkelhage (Fig. 192), der er en lille Ramme med en Skyder, som kan indstilles efter Linjelængden. Med højre Haand griber han i Skriftkassen de Bogstaver, som Manuskriptet angiver, et efter et og anbringer dem i Vinkelhagen; for at han let kan passe at sætte Typen paa den rigtige Led, er den forsynet med smaa Indhak, Signaturen (Fig. 193). Naar der i Vinkelhagen er sat en halv Snes Linjer, flyttes de over i en større Ramme, Skibet, (Fig. 194), og naar her staar en hel Side (eller Spalte), bindes al denne »Sats« sammen, saa at den kan flyttes. Inden Trykningen samles et vist Antal Sider — som oftest 8 til Trykning af den ene Side af Papiret til et 16-sidigt Ark — til en Trykform. Inden Satsen gaar

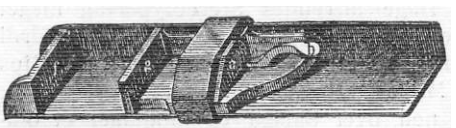


Fig. 192. Vinkelhage.

Fig. 193. Type.

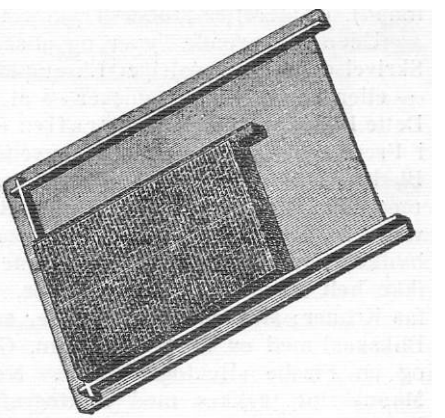


Fig. 194. Skib med Sats.

i Pressen, tages der endvidere (i en Haandpresse) et eller flere Aftryk eller »Aftræk«, i hvilke Forfatteren eller en anden Korrekturlæser retter indløbne Fejl og muligvis foretager andre Ændringer. Disse indføres derefter af Sætteren i Satsen, idet han udpiller nogle Bogstaver, indsætter andre o. s. v.

Naar en Bog, ved hvilken Sætning og Korrekturlæsning var særlig besværlige, f. Eks. et matematisk Værk, kunde ventes at udkomme i flere Oplag, lod man i ældre Tid ofte Typerne staa sammenbundne iSatsen; men da det var baade besværligt og bekosteligt at opbevare Satsen til en hel Bog, har man senere indført en anden Fremgangsmaade, den saakaldte Stereotypering, der først blev bragt i en praktisk Form af Englænderen Lord Stanhope (1804). Han tog et Aftryk i Gips af Satsen, og i den saaledes dannede Gipsmatrice heldte han smeltet Metal, som saa ved Størkningen dannede en Trykplade, med hvilken der kunde trykkes ligesom med den oprindelige Sats; men den var lettere at opbevare og mindre kostbar end denne, blandt andet fordi den ikke behøvede at indeholde en nær saa stor Vægt Metal. I vore Dage anvendes Stereotypering meget ved Bøger, der udgaar i meget store Oplag, blandt andet fordi Trykningen vilde slide for meget paa Typerne. I Stedet for Gips benytter man nu en af en Mængde Papirlag dannet Papirmasse, der i fugtig Tilstand trykkes ned over Satsen og modtager et omvendt nøjagtigt Aftryk af Typerne ligesom Gipsen. Matricerne til Stereotypering af »Frem« dannes paa denne Maade. Ved Rotationspresserne faar man den cylindriske Trykform, som skal anbringes paa Skriftvalsen, idet man bøjer en saadan Papirmatrice, saa at den passer inde i en hul Cylinder (med de fordybede Bogstaver vendende indad), og derefter støber Trykformen inde i den.

Uden at anvende Typer og altsaa uden Sætning kan man faa en Skrivelse trykt i talrige Eksemplarer, naar man vil nøjes med -— eller maaske netop ønsker — at faa Kopier af det haandskrevne. Dette kan opnaas ved Litografien eller Plantrykket, som muligvis i Fremtiden ogsaa kan finde Anvendelse ved Trykning af Bøger og Blade og blive en farlig Konkurrent for det almindelige Bogtryk; men da Litografien hidtil har haft størst Betydning for Billedtryk, vil den først blive omtalt i næste Afsnit. — Et lille Trykkeri, ved hvilket man kan trykke sine egne eller andres Manuskripter i et ikke helt ringe Antal Eksemplarer, kan enhver skaffe sig for nogle faa Kroner; alt hvad der kræves er en Hektograf, d. v. s. en firkantet Blikskaal med en klæbrig af Lim, Glycerin m. m. sammensat Masse, og en Flaske »Hektografblæk«. Naar et med dette Blæk skrevet Manuskript trykkes mod Hektografmassen med Haanden eller en Børste, optager Massen Blækket og kan derefter gengive Skriften til mange Ark efter hinanden; dog faar Aftrykkene en bleg, blaa Farve, blegere i de sidste Ark end i de første. — Hvor det blot drejer sig om at faa en Genpart af en vigtig Skrivelse, kan man direkte tage et Aftryk af den paa gennemsigtigt Papir i en »Kopipresse«; dog

maa ogsaa her anvendes bestemte Blæksorter. Det var James Watt, der indførte denne Fremgangsmaade, som fik stor Betydning for Handelsverdenen.

Trangen til større Hurtighed saa vel ved Skrivning som ved Sætning i Trykkerierne har givet Anledning til Opfindelsen af talrige Skrivemaskiner og Sættemaskiner.

Naar vi ser bort fra meget gamle Forsøg, som ingen praktisk Betydning har faaet, var Forstander for Døvstummeinstituttet i København, Pastor Malling Hansen, en af de første, som har gjort sig fortjent af Skrivemaskinens Opfindelse. Her var adskillige Vanskeligheder at overvinde. At træffe en saadan Indretning, at man kunde faa de Bogstaver, man ønskede, afsat med Farve paa Papir ved at trykke paa bestemte Knapper eller Taster, var i og for sig en let Sag. Mer. skulde man paa denne Maade faa en sammenhængende Linjeskrift paa Papiret, krævedes det tillige, for det første, at Bogstavet skulde afsættes paa samme Sted paa Papiret, hvilken Tast man end trykkede paa, og for det andet, at det næste Bogstav, som blev afsat, skulde afsættes paa et andet Sted lidt længere fremme i Linjen. For at overvinde den første Vanskelighed fordelte Malling Hansen de til de forskellige Bogstaver svarende Taster over en Halvkugle og forbandt dem ved en Stang- og Fjederforbindelse med Typer, der var anbragte i Nærheden af Kuglens Centrum; ved et Slag paa en Tast gik den tilsvarende Type ned og trykkede et sværtet Baand (senere et Farvebaand) mod et bestemt Sted af et Ark hvidt Papir, hvorved der da afsattes et Bogstav. Papiret var anbragt paa en bevægelig Cylinderflade, og hver Gang en Tast trykkedes ned, frembragtes der en elektrisk Strøm, som ved Hjælp af en Elektromagnet drejede Cylinderen en lille Smule. Senere blev Papirets Bevægelse dog frembragt paa rent mekanisk Vis ved Tastens Nedtrykning.

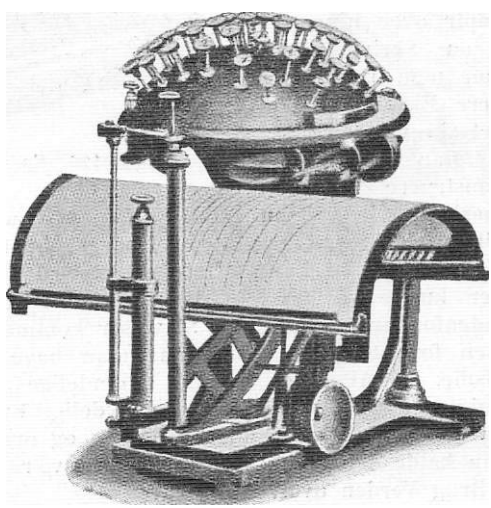


Fig. 195. Malling Hansens Skrivekugle.

Malling Hansens »Skrivekugle« blev vel efterhaanden bragt i en praktisk Form, men imidlertid var de amerikanske Maskiner, som Sholes o. fi. havde konstrueret omtrent paa samme Tid, naaet ad-

skilligt længere frem i denne Retning, og navnlig efter at den bekendte Remington, Opfinderen af Remington Riflen, havde overtaget Fabrikationen af dem og forbedret dem betydeligt, kunde de danske Maskiner ikke tage Konkurrencen op. Sholes Maskiner saa vel som de fleste andre almindeligt anvendte Maskiner er forøvrigt i Hovedsagen byggede efter samme Princip som Malling Hansens, men Tasterne er ikke fordelt over en Halvkugle; der maa da være en længere Vægtstangsforbindelse mellem Tast og Type.

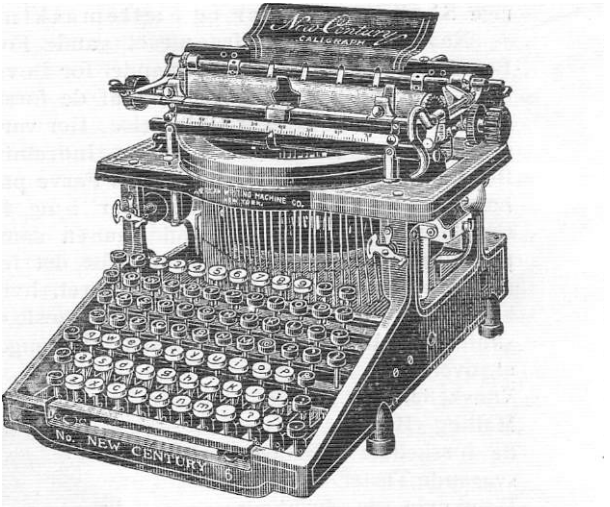


Fig. 196. En moderne Skrivemaskine.

Ved at anbringe flere Lag vekselvis af Farvebaand og Skrivepapir over hinanden i en Skrivemaskine kan man straks faa flere Eksemplarer af det skrevne.

Man har søgt at konstruere Skrivemaskiner, hvor man samtidig kan anslaa flere Bogstaver, som da vil blive aftrykt paa Papiret meget hurtigt efter hinanden i den Rækkefølge, de har i Alfabetet: et Ord som »hinanden« vil altsaa her kunne skrives ved tre Anslag af Hænderne, da Bogslaverne indenfor hver af dets tre Stavelser kommer i den rette Rækkefølge. Men for at opnaa dette, maa man have en meget indviklet Mekanisme. — Allerede ved de almindelige Skrivemaskiner kan man imidlertid ved Øvelse skrive betydeligt hurtigere end med en Pen, og samtidig bliver Skriften læselig og ordentlig, om end man ikke kan kalde den smuk. — Der skal nu være c. 700 000 Skrivemaskiner i Brug Verden over.

En Sættemaskine er langt vanskeligere at konstruere end en Skrivemaskine. Ogsaa her maa en Dansker, Typograf Sørensen nævnes blandt de første, som konstruerede en brugelig Maskine. I Sørensens Maskine, der allerede var udstillet paa Verdensudstillingen i London 1851, findes Typerne ordnede i det indre af en lodret Cylinder, og ved Tryk paa Taster, der svarer til de forskellige Bogstaver, glider Typerne ned i en Tragt og derfra gennem en Rende hen til Sætteskibet, hvor de lægger sig ved Siden af hinanden. Det vilde nu kræve et besværligt og tidsspildende Forarbejde, om man sknlde tage Typerne fra brugt Sats og »aflægge« dem ordnede i

Cylinderen, som desuden ikke vilde kunne indeholde Typer nok til ret lang Tids Sætning. Men Sørensens Maskine kunde selv besørge denne Aflægning samtidig med Sætningen. I en langsomt roterende Cylinder, som fandtes over den før nævnte Cylinder, anbragte man brugt Sats, som under Omdrejningen gled ned i denne, og de forskellige Typer var forsynede med forskellige Indskæringer paa en saadan Maade, at de kun kunde glide ned i det rigtige Rum.

Denne sindrige Maskine blev virkelig en Tid anvendt til Sætning af Dagbladet »Fædrelandet«, men man gik snart atter over til Haandsætningen, der endnu den Dag i Dag foretrækkes de fleste Steder i Evropa til Trods for de mange senere fremkomne Maskiner.

Det er særlig den stadige Tilvejebringelse af rigtigt ordnede Typer i Maskinen, som volder Vanskeligheder, og man har derfor kombineret Sætte- og Støbemaskiner, hvor Satsen støbes efterhaanden under Arbejdet. Paa Verdensudstillingen i Paris 1889 foreviste Tyskeren Otto Mergenthal en saadan Maskine, der støbte en Linje Sats ad Gangen; denne Maskine, der hedder »Linotype« har siden vundet en overordentlig Udbredelse i de engelsktalende Lande og er sikkert den mest anvendte af alle Sættemaskiner. Efter »Linotype« er der konstrueret mange andre Støbe- og Sættemaskiner, blandt andet »Typograph«, som er fremstillet i Fig. 197. I Stedet for Typer findes her fordybede Bogstavformer, Matricer, i hvilke Satsen kan støbes. Matricerne er anbragt paa Traade, der er udspændt over en Ramme, og de fastholdes ved en Spærremekanisme ved Traadenes øverste Ender. Ligesom ved Skrivemaskiner og ved andre Sættemaskiner findes der et »Klaviatur« med Taster; et Tryk paa en af disse frigør Spærreindretningen for den til Tasten svarende Matrice, der nu langs Traaden glider ned og lægger sig ved Siden af den Matrice, som udløstes ved det foregaaende Anslag paa Klaviaturet, og naar der paa denne Maade er dannet en hel Linje af Matricer, støbes der en sammenhængende Skriftlinje i dem; saa snart den støbte Linje er udtaget, vendes Rammen med Traadene et Øjeblik saaledes, at Matricerne glider tilbage til deres oprindelige Plads, hvor de atter bliver fastholdte af Spærremekanismen. — En væsentlig Ulempe ved alle Maskiner, der støber en sammenhængende Skriftlinje, er de deraf følgende Korrekturvanskeligheder.

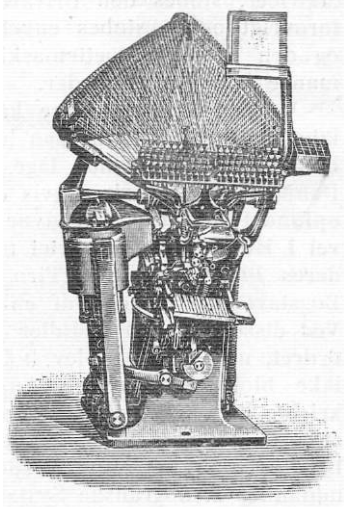


Fig. 197. Sættemaskinen »Typograph«.

I nogle nyere Maskiner anvender man en Fremgangsmaade, som

i en vis Henseende minder om den, som Jaccjuard indførte i sin Mønstervæv (S. 90). Der tilvejebringes nemlig først et gennemhullet Papirbaand i en Slags Skrivemaskine, som i Stedet for at afsætte Bogstaver paa Papiret slaar Huller gennem det. Ved Nedtrykning af en Tast frembringes f. Eks. 2 Huller i en og samme Tværlinje af Papirbaandet; det rykker derefter lidt frem i sin Længderetning, saa at det næste Anslag frembringer 2 Huller i en anden Tværlinje og tillige — naar det er en ny Tast, der slaas an — i andre Afstande fra Baandets Rand. Papirbaandet flyttes nu hen til en anden Maskine, hvor det bringes til at glide mellem Enderne af to Rækker Metalpinde ordnede paa tværs af Papiret; idet en Tværlinje med to Huller glider ind mellem Pindene, vil de to Par Pinde, der staar ud for disse Huller, mødes igennem dem, og herved sluttes to elektriske Strømme. Disse Strømme vil nu bevirke, at en bestemt Matrice føres hen til en Støbeindretning; det næste Par Huller vil slutte to andre elektriske Strømme, som fører en anden Matrice, svarende til disse Huller, hen til Støbeindretningen og sætter den ved Siden af den forrige, og naar der saaledes er sat en hel Linje Matricer, støbes den tilsvarende Typelinje i den. — Typerne kan forøvrigt ogsaa støbes enkeltvis, og baade Gennemhullingsmaskinen og den egentlige Sættemaskine kan i det hele taget indrettes paa mange forskellige Maåder.

Ved en Skrivemaskine kan selv en nok saa øvet Hurtigskriver ikke nedskrive Ordene saa hurtigt, som man kan sige dem. For at opnaa dette maa man tage sin Tilflugt til Stenografiens Kunst. Denne Kunst er rimeligvis c. 2000 Aar gammel, og den skal være opfundet af Ciceros frigivne Slave Tiro; før hans Tid havde man vel i Hurtigskrift forkortet mange Ord ved kun at skrive enkelte af deres Bogstaver, men Tiro indførte tillige nye stærkt forkortede Bogstavtegn, dannede af enkelte Træk af de almindelige Bogstaver. Ved disse og andre Midler blev det muligt at nedskrive en Tale ordret, medens den blev holdt, og Stenografien blev meget anvendt ikke blot i Romerrigets Administration, men ogsaa senere i den kristne Kirke til Optegnelse af gejstlige Taler. Længere hen i Middelalderen gik Stenografien næsten helt i Glemme. I den nyere Tid har Taylor i England (1786) og senere Gabelsberger i Tyskland uddannet stenografiske Systemer, som nu med større eller mindre Ændringer bruges i de fleste Lande.

Da det er et meget besværligt og trættende Arbejde at stenografere en Tale, har man gjort mange Forsøg paa at konstruere Stenograferingsmaskiner. Blandt disse kan nævnes en Maskine, der blandt andet skiller sig fra Skrivemaskinerne ved kun at have 10 Taster, paa hvilke Fingrene saa stadig hviler; nedtrykkes alle Taster samtidig, afsættes der 10 forskellige Cifre ved Siden af hinanden tværs over en Papirstrimmel; men idet man kun trykker paa nogle af Tasterfre, kan man give mange forskellige Tegn (ialt 1023), der paa Papirstrimmelen gengives ved forskellige Talsammensætninger; hver

af dem kan man da lade betegne en mer eller mindre sammensat Lyd eller et enkelt Bogstav.

Idealet af en Stenograferingsmaskine vilde imidlertid være et Apparat, ved hvilket selve Lyden, der udgaar af den talendes Mund, kunde nedskrive Ordene uden Hjælp af nogen skrivende Haand. Og efter Opfindelsen af Fotografiapparatet, hvor de Lysstraaler, der udgaar fra en Genstand, selv tegner et Billede af denne uden nogen Tegners Hjælp, laa den Tanke ikke fjærn, at man maatte kunne naa noget lignende for Lydens Vedkommende. Det var i Virkeligheden heller ikke saa vanskeligt at faa Lyden til at frembringe en Slags Skrift; Lyden er nemlig Svingninger i Luften, og disse Lydsvingninger kan f. Eks. sætte en udspændt elastisk Hinde i Svingninger, og en Stift, der er anbragt paa Hinden, kan da paa en sværtet roterende Tromle tegne en Bølgelinje, der svarer til Lydsvingningerne.

De Forsøg, der blev gjort paa at løse Opgaven, strandede imidlertid i Begyndelsen alle paa den Omstændighed, at den frembragte »Lydskrift« blev saa indviklet, at den slet ikke kunde tydes, saa snart det ikke var enkelte Toner, men Ord og Sætninger, Lyden skulde nedskrive. Men saa fik Edison den geniale Tanke — i Stedet for at søge at tyde de indviklede Tegn — at lade selve de Mærker, Lyden havde frembragt, gengive Lyden paany, og ved et meget simpelt Apparat, som han kaldte Fonografen (Lydskriveren) lykkedes det ham at virkeliggøre denne Tanke (1877).

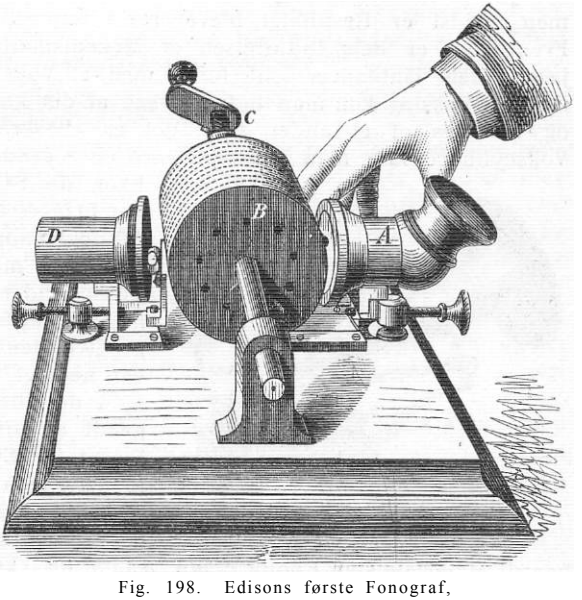


Fig. 198. Edisons første Fonograf.

Fig. 198 viser Edisons Fonograf i dens første Skikkelse. Man taler ind i Mundingen af Røret *A,* hvis anden Ende er lukket med en elastisk Plade, der bærer en Metalstift, som er rettet mod Staalvalsen ***B;*** naar man drejer Haandtaget C rundt, føres Valsen samtidig fremad og rundt, og hvis Stiften er indstillet rigtigt, vil den da under Talen sætte Mærker langs en spiralsnoet Linje i et Tinblad,

der er lagt om Valsen. Derefter fjærnes Røret *A* lidt, og Valsen drejes tilbage til sin gamle Stilling. Hvis man nu paany førte Røret *A* hen til Valsen og drejede denne frem igen, med samme Fart som sidste Gang, vilde Stiften ved at glide hen over de Mærker den selv før havde frembragt, faa den elastiske Hinde til atter at udføre de samme Svingninger, som Talen før satte den i, og idet disse Svingninger forplantede sig til Luften, vilde Lyden være genfrembragt, saaledes at de samme Ord, som før taltes ind [4] Rørets Munding, nu strømmer ud af den; dog er det bedre til Lydens Genfrembringeise at bruge et andet Rør *D*.

Ved Fonografen havde Edison gjort det muligt saa at sige at rive Ordene løs fra den talende? Mund, flytte dem til fjerne Egne, gemme dem hen og tage dem frem til den belejlige Tid. Han havde med andre Ord uden at anvende Skrifttegn der var opfundet af Mennesker og skulde tillæres, løst selve den Opgave, der var Skrivekunstens oprindelige Hovedopgave. Men vi maa rigtignok straks tilføje, at Løsningen var meget ufuldkommen til at begynde med og selv nu kun lidet anvendelig til praktisk Brug.

Det var kun en lidet tydelig og meget ubehagelig Tale og Sang, Tinfonografen kunde frembringe, og det har kostet Edison et uhyre Arbejde at faa sin Fonograf lært at tale nogenlunde rent og smukt; men tilsidst er Resultatet blevet ret tilfredsstillende. De vigtigste Fremskridt er dels Indførelsen af Mekanismer, der drejer Valsen jævnt, dels Tinbladets Ombytning med et Vokslag Et saadant cylindrisk Vokslag kan man indrette, saa at det kan fjærnes fra Valsen og erstattes af et andet, naar det er »beskrevet«; de beskrevne Vokscylindre kan man saa opbevare eller sende andre Steder hen, hvor de i en anden Fonograf kan bringes til at tale eller synge. Ad galvanoplastisk Vej (se S. 132) kan man af en beskreven Vokscylinder tilvejebringe mange nøjagtige Afstøbninger, der kan gengive den samme Tale, som var nedlagt i Originalen

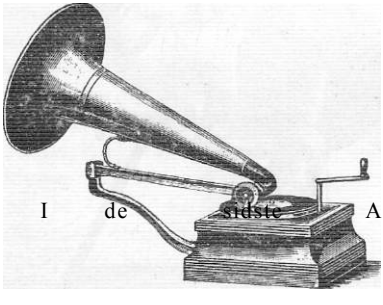


Fig. 199. En Grammofon.

I de sidste Aar har man begyndt at bruge runde Plader i Stedet for Cylindre, og de Kopiplader, som skal sendes ud i Verden med Sange af berømte Sangere o. s. v, dannes da af haardt Materiale som Ebonit o lgn., saa at de ikke kræver særlig forsigtig Behandling. Apparater med saadanne Plader og store Lydtragte — de saakaldte Grammofoner --- kan give meget smukke og kraftige musikalske Præstationer til Bedste, og er, da de ikke skal opskrive, men kun gengive Lyden, en Del simplere end de egentlige Fonografer,

Men med alle de mange Forbedringer er Edisons mekaniske Fonograf dog fremdeles i Hovedsagen et Legetøj. Enkelte Anvendelser, som ikke hører ind under denne Betegnelse har den dog faaet. I nogle Skoler har man brugt Fonografen ved Sprogundervisningen. Man har endvidere søgt at anvende den ved Studiet af uciviliserede Folkeslags Sprog, ja endog af Abernes »Sprog«. Ogsaa til andre videnskabelige Undersøgelser har den været benyttet.

Som Stenograferingsmaskine i Forretninger, kunde den vel benyttes, idet Chefen dikterede sine Breve til Fonografen, der saa atter kan diktere dem Sætning for Sætning til en Skriver; men Sagen har bl. a. den Vanskelighed, at man ikke paa simpel og hurtig Maade kunde udslette Skriften af Vokscylindren og atter gøre den færdig til Brug.

Langt flere Fremtidsmuligheder end for Edisons mekaniske Fonograf synes der at aabne sig for den danske Ingeniør V. Poulsens magnetiske Fonograf, hvor Talen trylles ind i en Staaltraad, et Staalbaand, en Staalcylinder eller en Staalplade med fuldstændig usynlig Skrift. Et saadant Staalbaand kan gentage de Ord, der er nedlagt i det, et saa at sige ubegrænset Antal Gange uden Svækkelse; men paa den anden Side kan man viske Skriften fuldstændigt ud blot ved at føre en Elektromagnet tæt hen over Baandet. Staalplader med talte Ord kan let sendes i Stedet for skrevne Breve mellem to Korrespondenter, der hver har en magnetisk Fonograf eller Telegrafon, som Poulsen har kaldt sit Apparat. Som Modtager for Telefonmeddelelser, naar der ingen er ved Telefonen, er Poulsens Fonograf ganske særlig egnet.

Det var i 1899, at den første Meddelelse fremkom om Poulsens Opfindelse, og efterhaanden som den rygtedes ud over Verden, blev den overalt hilst som en af de allersmukkeste og originaleste Opfindelser der var fremkommet i mange Aar. Den var vel ikke teknisk fuldkommen til at begynde med, men dens Udvikling er skredet ganske anderledes hurtigt frem, end det var Tilfældet med den mekaniske Fonograf. Denne kan vel lettere gøres højttalende, men til Gengæld kan den magnetiske lettere give Talen ren og fri for de generende Bilyde, som i den mekaniske Fonograf bl. a. foraarsages af Stiftens Gniden mod Underlaget.

Da Poulsens Fonograf baade i sit Princip og i sin Anvendelse er meget nøje knyttet til Telefonen -— hvad Navnet Telegrafon ogsaa antyder — skal vi imidlertid først omtale dens Indretning i Tilslutning til Telefonen (Afsn. XV).

X. BILLEDTRYK OG FOTOGRAEI.

Træsnit. — Kobberstik og Radering. — Litografi og Højætsning. — Fotografiens Opfindelse og Udvikling. — Farvefotografi. — Fremstilling af Trykplader ved Fotografiens Hjælp.

Allerede for over to Aartusinder siden var Billedkunsten i Grækenland naaet til et saadant kunstnerisk Højdepunkt, at vi maaske ingensinde senere har naaet det eller vil naa det igen. Ogsaa med Hensyn til det rent tekniske og haandværksmæssige ved Frembringelsen af Billedværker af forskellig Art stod Oldtidens Folkeslag paa et højt Standpunkt i alt Fald paa adskillige Omraader. Men i en Henseende stod de meget langt tilbage for Nutiden, nemlig med Hensyn til Mangfoldiggørelsen af Billeder.

Af rent mekaniske Midler til Mangfoldiggørelse af Billeder havde kun Prægning af Mønter (samt P'orsegling med Signet) nogen Udbredelse og Betydning i Oldtiden, og det er allerede nævnt i forrige Afsnit (S. 220), at den Trykning af Billeder ved udskaarne Trætavler, som blev almindelig i den senere Middelalder maaske kan have taget sit Udgangspunkt herfra Af Trykningen med Trætavler udviklede sig, som vi saa, den egentlige Bogtrykkerkunst, men ogsaa efter Gutenbergs Tid vedblev Billedtræsnittet at beholde sin Betydning, ja, kom endogsaa i Reformationstiden meget høj Anseelse, fordi mange ansete Kunstnere gav sig af med Udskæring af Træsnitsplader. Senere forfaldt Træskærerkunsten (Xylografien), men kom i det 19. Aarhundrede atter til Ære og Værdighed.

Naar et Træsnit skal udskæres, tegnes Billedet først paa Træklodsens glatte Overflade, efter at denne er gjort hvid om hver af de tegnede Linjer sættes der en Ridse, idet man passer at Linjetykkelsen mellem Ridserne bliver netop, som den skal være, og derefter arbejdes det øverste af Træet bort overall mellem Linjerne. Den færdige Træklods kan benyttes til Trykning i en almindelig Bogtrykkerpresse, idet de fremspringende Linjer tager imod Sværten og atter afgiver den til Papiret, Træsnit kan derfor let anbringes i Bøger som Illustrationer i Teksten Det er muligt at udføre selv meget fine Tegninger som Træsnit, men Xylografien bliver saa ogsaa en meget vanskelig Kunst: blandt andet maa man for at faa tilstrækkelig jævne Overgange fra Skygge til Lys skære de fremspringende Linjer fladere hen imod Lyspartierne. Ogsaa ved selve Trykningen træffer man særlige Forholdsregler for at faa den rette Fordeling af Lys og Skygge; mellem Papiret og den Valse, som trykker det mod Træklodsen, lægger man nemlig forskellige Antal Papirlag paa forskellige Steder, saa at Trykket ikke bliver lige stærkt overalt

Man kan tage mange tusind Aftryk af den udskaarne Træblok; og Antallet af Aftryk kan forøges i det ubegrænsede, naar man i Stedet for at trykke direkte med Træblokken bruger nøjagtige Kopier

af den i Metal. Saadanne Kopier (Klichéer) kan dannes ved Stereotypering (S. 224), men bedre bliver de galvanoplastiske Kopier, som kan frembringes, idet man først tager et Guttaperkaaftryk af Træsnittet, overtrækker det med et Pulver, der leder Elektriciteten, anbringer det som Katode i en Kobberopløsning (S, 132) og lader en elektrisk Strøm udfælde Kobber paa det; naar Kobberlaget er blevet tykt nok, skilles det fra Guttaperkaformen, og den saaledes dannede meget tynde Kobberkliché forstærkes, idet man støber Typemetal paa Bagsiden. Det Forlag, som har ladet det originale Træsnit lave, kan sælge eller udleje Klichéer deraf til andre Forlag, og saaledes kan Træsnit fra et Værk let gaa over til andre Værker rundt om i Verden; de moderne hurtige Reproduktionsmetoder overflødiggør dog i mange Tilfælde en saadan Udveksling af Klichéer mellem fremmede Lande.

Noget senere end Træsnittet fremkom Kobberstikket. Fremgangsmaaden ved Udførelsen af Kobberstik er grundforskellig fra den, der anvendes ved Træsnit. Paa Træpladen lod man Tegningens Linjer staa ophøjede; paa Kobberpladen indgraver man dem netop med en Staalnaal og andre Instrumenter. Naar der skal tages Aftryk af en saadan Kobberplade, gnider man Sværte ind i alle de fordybede Linjer, medens Pladen aftørres og poleres paa de ikke fordybede Dele af Pladen; det Papir, som skal modtage Aftrykket, lægges dernæst i fugtig Tilstand paa Pladen og trykkes mod den. Til Trykning af Kobberstik kan man ikke anvende en Bogtrykkerpresse, og til Illustrationer i Bøger egner de sig derfor ikke saa godt som Træsnit. Til Gengæld er Kobberstikket at foretrække, hvor det drejer sig om en lin Gengivelse af Kunstværker.

En Kobberplade kan ikke give ret mange hundrede helt gode Aftryk. Navnlig af denne Grund indførte man i England for c. 80 Aar siden Anvendelsen af Staalplader i Stedet for Kobberplader. Staalstikkets Betydning er dog blevet meget formindsket ved Opfindelsen af Galvanoplastikken, der gør det muligt at tilvejebringe nøjagtige Kopier og dermed et ubegrænset Antal Aftryk af Kobberplader ligesom af Træsnit.

I Stedet for at udskære Tegningens Linjer i Kobberpiaden kan man ætse dem ind med Syre. Denne Fremgangsmaade er opfundet af den store tyske Kunstner Albrecht Durer (c. 1500) og betegnes gernesom Raderkunsten. Naar en Radering skal udføres, overtrækkes Kobberpladen med et tyndt Lag »Ætsgrund«, d. v. s. et Stof (i Reglen en Blanding af Voks, Asfalt, Harpiks m. m.), som ikke angribes af Salpetersyre; herpaa overføres Tegningen, og med Radernaalen fordyber man dens Linjer i Ætsgrunden helt ned til Kobberet, naar man derefter hælder en Opløsning af Salpetersyre (Skedevand) paa Pladen, vil den ætse ned i Kobberet paa de blottede Linjer, og efter at Ætsgrunden er fjærnet, har man altsaa en Kobberplade med fordybede Linjer, der kan bruges til Trykning, - - Medens Raderkunsten kun har en ret begrænset Anvendelse, har andre

Former af Ætsekunst i vore Dage faaet en overordentlig stor Betydning for Illustrering af Bøger og Blade, som vi senere skal se.

Et meget vigtigt Stød fremad fik Billedteknikken for godt 100 Aar siden ved Aloys Senefelders Opfindelse af Litografien eller Stentrykket.

Senefelder, der levede i Bajern, blandt andet en Tid som Skuespiller, havde skrevet nogle dramatiske Værker og vilde gærne trykke dem selv; men for at kunne gøre dette maatte han først lave sig Typer eller noget andet, der kunde træde i Stedet. Linder sine mange Forsøg i denne Retning blev han opmærksom paa en Kalksten fra Solnhofen, som kunde antage en smuk Politur; han tænkte sig, at han maaske kunde radere og ætse Skrifttegn ind i den, ligesom man raderede Tegninger i Kobberplader, og han blandede sig i dette Øjemed en Ætsgrund af Voks, Sæbe og Sod. Da han en Dag skulde skrive noget op og tilfældigvis ikke havde et Stykke Papir ved Haanden, skrev han med denne Blanding paa en Solnhofensten. Ved at se denne Skrift fik han Lyst at prøve, om han ikke kunde faa Aftryk af den; han vædede Stenen med Syre, som ætsede Overfladen udenom Skriften, saa at denne blev noget ophøjet over den øvrige Flade, og naar han derefter lagde et frisk sværtet Bræt over Stenen, tog kun Skrifttrækkene mod Sværten; han kunde da faa nogenlunde gode Aftryk paa Papir.

Senefelder havde altsaa her fremstillet en Trykplade ved Ætsning, men vel at mærke paa en ganske anden Maade end ved Raderinger; medens Tegningens Linjer ved disse bliver fordybede i Kobberpladen, kom de tegnede Linjer paa Kalkstenen til at staa ophøjede ligesom ved et Træsnit. Denne Slags Ætsning kaldes Højætsning, men fik først Betydning senere, da den blev anvendt paa Metalplader i Stedet for paa Kalkstenen.

Foreløbig søgte Senefelder at benytte højætsede Stene til Nodetrykning og fik virkelig ogsaa trykt en Samling Sange for en Ven af sig, Komponisten Gleiszner; men i Virkeligheden egnede de bløde Kalksten sig meget daariigt for denne Fremgangsmaade. Efter nogen Tids Forløb gjorde Senefelder imidlertid den Opdagelse, at naar man skrev med sæbeholdigt Blæk paa Stenen og derefter vædede den med Gummivand, vilde Sværten kun hænge fast ved Skrifttrækkene, men ikke ved den øvrige Del af Stenen, og man kunde altsaa uden videre efter Sværtningen tage Aftryk af Skriften. Denne Opdagelse blev Udgangspunktet for den egentlige Litografi. I Praksis viste det sig heldigst at behandle den beskrevne Sten med en Blanding af Gummi og Syre; men skønt denne Behandling kaldes Ætsning, er her ikke Tale om en virkelig Bortætsning af de ubeskrevne Dele af Stenens Overflade saaledes, at Skrifttrækkene kommer til at staa ophøjede. Formaalet med den saakaldte Ætsning er blot at ændre Beskaffenheden af den ubeskrevne Overflade saaledes, at den (efter Fugtning) skyer den litografiske Trykfarve eller Sværte. Og det er altsaa ikke paa Grund af Højdeforskel,

men kun paa Grund af en kemisk Forskel mellem Skrifttrækkene og den ubeskrevne Overflade, at kun de førstnævnte modtager Farven og atter afgiver den til Papiret ved Trykning i den litografiske Presse. I denne foregaar der ikke en Trykning mellem Valser, men en Slags Gnidning ved en skarp Kant, som trykker Papiret mod Stenen.

Senefelder og andre udviklede i den følgende Tid Litograflen videre, og der rejste sig Stentrykkerier rundt om i Evropa. Det viste sig snart, at man i Litografien havde faaet et nyt Billedtrykningsmiddel, som i mange Henseender var adskilligt bekvemmere end Kobberstikket og Træsnittet, og som dog kunde give gode og smukke Resultater.

Fremgangsmaaden ved Litografering kan ændres paa mange Maader. Man kan udføre Tegningen direkte paa Stenen med sæbeholdig Farve eller Kridt; eller den kan udføres paa Papir og trykkes over paa Stenen. Ved den saakaldte Avtografi af Manuskripter (S. 224) skrives disse saaledes med »litografisk« Blæk, og Skriften overføres paa Stenen; her vilde det heller ikke godt kunne lade sig gøre at skrive direkte paa Stenen, da Bogstaverne saa maatte skrives omvendte (med Spejlskrift) for at blive retvendte i Aftrykkene.

Da de gode Solnhofensten er dyre og tillige skrøbelige, har man gjort mange Forsøg paa at erstatte dem med Metalplader; i den nyeste Tid har man i Aluminiumplader, der er blevet underkastet en særlig Behandling, fundet en udmærket Erstatning for Stenen. Naar man benytter Metal i Stedet for Sten, passer Navnet Litografi, der betyder Stenskrivning, egentlig ikke; man kunde i Stedet for bruge Betegnelsen Plantryk eller »Fladtryk«, fordi Tegningens Linjer eller Bogstaverne ikke hæver sig over Trykpladen; det almindelige Bogtryk (med Typer, Træsnitsklichéer m. m.) kunde man da kalde Relieftryk eller »Højtryk«, og Trykningen i Kobbertrykspressen »Dybtryk«, fordi Tegningens Linjer her er fordybede i Trykpladen. — f Almindelighed kaldes dog Plantryk Litografi, selv om Trykpladerne er af Metal.

Indførelsen af de lette stærke og bøjelige Aluminiumplader gør det muligt at ombytte de gamle tunge og ret langsomt virkende Stentrykpresser med langt hurtigere virkende Rotationspresser, idet Aluminiumpladen bøjes til en Cylinder. I Amerika, der er gaaet i Spidsen paa dette Omraade, har man endogsaa konstrueret saadanne Rotationspresser, der trykker Billedtryk med lo Farver ved én Gennemgang gennem Pressen; den har da to Trykvalser, der hver giver Papiret én Farve.

For nylig har en Amerikaner Walter Timmis endvidere konstrueret en Maskine, der muliggør litografisk Trykning af Bøger og Blade saaledes, at Trykkets Udseende ikke afviger fra almindeligt Bogtryk. Han tilvejebringer ligesom ved de S. 228 omtalte Sættemaskiner først i én Maskine et gennemhullet Papirbaand og fører det dernæst igennem en anden Maskine, som imidlertid i Stedet for

at sætte og støbe Typelinjer trykker Bogstaver af samme Form som almindelige Trykbogstaver med litografisk Blæk paa et Ark Papir. Den frembragte Tekst overføres saa ligesom ved Avtografi af Haandskrift paa en Trykplade. Den største Vanskelighed ved Sagen var, at faa Mellemrummene mellem Ordene i hver enkelt Linje forud afpasset saaledes, at Linjerne fik nøjagtigt ens Længde uden at slutte midt i Stavelser; Bogstaverne kunde jo ikke flyttes bagefter som løse Typer. Timmis overvandt Vanskeligheden ved at forene Gennemhulningsmaskinen, der havde elektromagnetisk Maskineri, med en sindrig Regnemaskine, som formaar at udrette forbavsende meget rent avtomatisk. Under Gennemhulningen af Papirbaandet tæller den de ved Tryk paa en særlig Tast betegnede Ordmellemrum, holder Regnskab med den samlede Længde af Ord og Mellemrum, melder, naar Linjen skal afsluttes, tæller de Bogstaver, som man endnu tilføjer for at faa den paabegyndte Stavelse færdig, udregner, hvor meget alle Mellemrummene skal være under Maksimumsstørrelsen for at give Plads til disse Bogstavet-, og angiver dette ved at stemple en bestemt Kombination af Huller i Papirbaandet. De elektriske Strømme, som henne i den anden Maskine sluttes gennem disse Huller (se S. 228), indstiller da Mekanismen her til at give Ordmellemrummene paa Papirarket den rette Størrelse. Korrektur kan man udføre ved at klæbe Strimler med de ændrede Ord paa Papirarket. — Da den litografiske Trykning (ved Timmis Maskine og Aluminiumsrotationspresser) overflødiggør Anvendelsen af støbte Typer, er det ikke usandsynligt, at den har en stor Fremtid.

Tidligere end Aluminium er Zink blevet anvendt — og anvendes fremdeles — til litografisk Trykning af Haandskrift og Tegninger, som udføres med litografisk Blæk paa Papir og overtrykkes paa en Zinkplade, der saa efter Behandling med Gummi m. m. gør Tjeneste som Trykplade i en litografisk Presse. Men man kan ogsaa ætse Metallet saaledes med Syre, at Tegningens Linjer, der beskyttes af Blækket, kommer til at staa ophøje!, og vi er paa denne Maade vendt tilbage til Højætsningen, med hvilken Senefelder jo begyndte. En saaledes ætset Zinkplade kan benyttes i Bogtrykkerpresser.

Men inden vi gaar nærmere ind paa højætsede Zinkpladers Anvendelse ved Illustrering af Bøger, maa vi først omtale en Opfindelse, der foruden hvad den ellers har udrettet, ogsaa har foraarsaget en Omvæltning i Billedtrykning. Denne Opfindelse er Fotografien.

Det er sikkert en meget gammel Iagttagelse, at naar Lyset falder ind i et mørkt Værelse gennem et lille Hul i den ene Væg, kan der paa den modsatte Væg dannes Billeder af selvlysende eller stærkt belyste Genstande udenfor Hullet. Denne Billeddannelse i Mørkekammeret — camera obscura — findes dog først omtalt i det 13. Aarhundrede af den engelske Munk Roger Baco, som paa Grund at sin Syslen med dette og andre Naturfænomener blev anklaget for Trolddom og maatte tilbringe en stor Del af sit Liv i

Fængsel. Tre Aarhundreder senere beskriver Italieneren Giambattista della Porta i en Bog om »naturlig Magi« Mørkekammeret i en meget forbedret Skikkelse. I et Hul i den ene Væg af en ellers lystæt Kasse er der her indsat en Glaslinse, som danner Billeder paa Kassens Bagvæg; Hullet kan nu være meget større end uden Linsen, og Billederne bliver derfor meget lysstærkere; men til Gengæld maa de Genstande, som skal afbildes, være i en ganske bestemt Afstand foran Linsen. Hvis man indretter Kassens Bagvæg forskydelig til at nærme eller fjærne fra Linsen, kan man imidlertid faa skarpe Billeder af Genstande i forskellig Afstand (naturligvis ikke samtidig).

Fig. 200 viser et saadant Mørkekammer, hvis ene Sidevæg er tænkt fjærnet, saa at vi ser det Billede af et Vindu med Blomster-

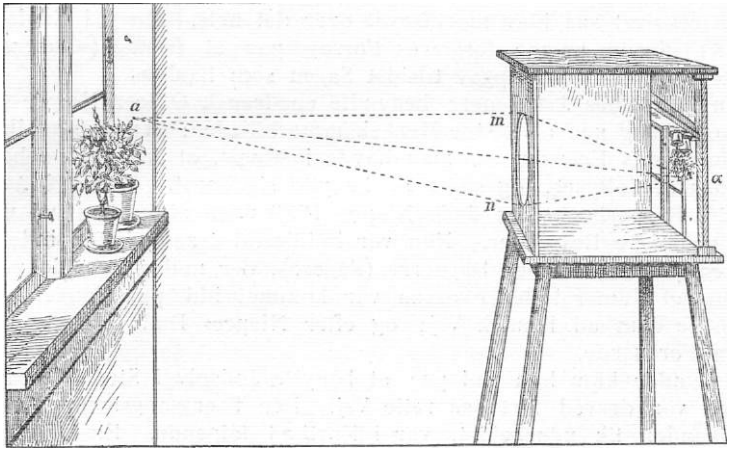


Fig. 200. Billeddannelse i et Kamera,

planter, som Linsen *mn* danner paa dets Bagvæg; man ser, at Billedet er »omvendt« ; det øverste Punkt *a* af en af Planterne bliver paa Billedet det nederste Punkt a.

Det er et saadant »Kamera«, Fotografen i vore Dage bruger, men længe inden Fotografiens Opfindelse blev det benyttet som Hjælpemiddel ved Fremstilling af Billeder efter Naturen. Dersom Bagvæggen dannes af en mat Glasplade, kan Billedet ses bagfra. Pladen kan indstilles saaledes, at Billedet bliver skarpt, og dets Omrids kan derefter aftegnes paa Pladen med en Blyant; men man kan ogsaa indrette Mørkekammeret saaledes, at Billedet fremkommer og kan eftertegnes paa Papir. Ved et saadant Kamera kunde Tegneren altsaa lade Lysstraalerne besørge en meget væsentlig Del af Arbejdet; naar han blot fulgte Billedets Linjer med sin Blyant, kunde han være sikker paa, at Teguingen blev perspektivisk rigtig.

For over 100 Aar siden blev der gjort flere Forsøg paa at faa Lysstraalerne til selv, uden nogen Tegners Hjælp, at fæstne det Billede, de dannede. Man havde iagttaget, at Klorsølv, der udskiller sig som et hvidt Stof, naar man blander en Opløsning af Kogsalt (Klornatrium) med en Opløsning af Helvedessten (salpetersurt Sølvilte), efterhaanden bliver sort i Dagslyset. Den svenske Kemiker Scheele (S. 113) prøvede nu at opfange Billedet i det mørke Kammer paa en med Klorsølv overtrukket Skærm, og idet Klorsølvet herved blev mørkfarvet paa de lyse Partier i Billedet, men holdt sig hvidt paa de mørke Partier, var der virkelig, efter at Belysningen gennem Linsen var ophørt, paa Skærmen dannet et Billede, som rigtignok var »negativt«, d. v. s. lyst, hvor det skulde være mørkt, og omvendt. Værre var det dog at Billedet forsvandt igen, saa snart det blev udsat for Dagslyset en ganske kort Tid, idet Klorsølvet saa blev mørkfarvet over det hele. Davy i England (S. 38) gjorde mange forgæves Forsøg paa at fæstne (»fiksere«) Klorsølvbilleder, men opgav tilsidst Sagen som haabløs.

En halv Snes Aar senere begyndte en fransk Officer Niepce en Række Forsøg paa at fæstne Mørkekammerbilleder; han kendte ikke til Klorsølvets Egenskaber, men havde iagttaget, at Asfalt (Jødebeg) blegedes af Sollyset, og søgte at benytte sig heraf. Efter 20 Aars ihærdig Eksperimenteren døde Niepce 1833 uden at have naaet virkelig praktiske Resultater. Han var imidlertid traadt i Forbindelse med en parisisk Tegner Daguerre (dagerr), der under Arbejde med Tegning af Kamerabilleder ogsaa var kommet ind paa Tanken om at fæstne dem ad kemisk Vej; og efter Niepces Død fortsatte Daguerre Forsøgene.

Herunder kom han ind paa at benytte Jodsølv i Stedet for Asfalt og var derved ført paa rette Vej. Den Fremgangsmaade, han efterhaanden fik udarbejdet, var i Korthed følgende. En forsølvet Kobberplade behandledes med Joddampe, hvorved der dannede sig et tyndt Lag Jodsølv paa Overfladen. En saadan Plade anbragtes i et Kamera paa det Sted, hvor Linsen vilde danne et Billede af den Genstand, der skulde afbildes (dette Sted kunde findes forud ved Hjælp af en mat Glasplade); naar Pladen var bragt paa Plads, lod han Lyset en kort Tid falde ind gennem Linsen og danne Billedet paa Pladen; man siger, at den »eksponeres«, eller at Billedet »optages«. Tilsyneladende skete der herunder slet intet med Pladen; men naar den derefter blev udsat for Kviksølvdampe, fortættede disse sig fortrinsvis paa de Steder, hvor Lyset havde virket, og Billedet traadte da frem; denne Behandling kaldes s Fremkaldelsen«. Endelig blev Billedet »fikseret«, idet Pladen behandledes med en Opløsning af Kogsalt (senere anvendtes svovlundersyrligt Natron), som opløste og fjærnede det Jodsølv, der ikke var paavirket af Lyset. Først nu kunde det frembragte Fotografi eller Daguerreotypi, som man kaldte det, taale Dagslyset; forud maatte Jodsølvpladen beskyttes omhyggeligt mod Dagslyset undtagen netop under Eks-

poneringen; Pladens Behandling maatte ellers foregaa i et Rum, der kun fik svagt Lys gennem gult (bedre rødt) Glas. Daguerreotypierne kunde kun betragtes i visse Retninger, og de var temmelig mørke; tillige havde de den Fejl, at højre og venstre var ombyttede i dem.

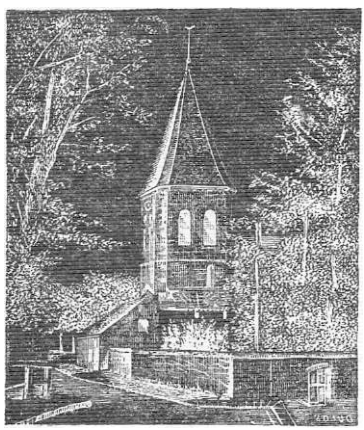
Sjælden er nogen Opfindelse straks ved sin første Fremtræden for Offentligheden blevet modtaget med en saadan Anerkendelse og Begejstring, som det blev Tilfældet med Daguerreotypien. Videnskabsmanden Arago, hvem Daguerre meddelte sin Opfindelse, fik den franske Stat til at afkøbe ham den for en aarlig Hædersløn og dernæst skænke hele Verden den nye vidunderlige Billedkunst, som Daguerre havde lært Naturen selv at udøve. Efter at Arago først havde givet en kort Meddelelse om Opfindelsen i det franske Akademi, udviklede han den 19. August 1839 Fremgangsmaaden for en stor Forsamling af Mennesker, der i Spænding havde afventet nærmere Oplysninger om, hvad Rygtet allerede havde berettet.

Den Maade, paa hvilken Daguerres Opfindelse blev bragt frem for Offentligheden, har sin Del i, at han er blevet adskilligt mere bekendt end Englænderen Fox Talbot, der omtrent samtidig havde opfundet en anden Fotograferingsmetode, som langt mere end Daguerres ligner Nutidens og i Virkeligheden kom til at danne Grundlaget for Udviklingen i den følgende Tid.

Ogsaa Talbot lod Lyset virke paa Jodsølv, men det var anbragt paa Papir i Stedet for paa en Sølvplade, og til Fremkaldelsen benyttede han ikke Kviksølvdamp, men en Væske, der fik Sølvet til at udskille sig af Jodsølvet som et fint, sort Pulver paa de Steder, som var paavirkede af Lyset, jo stærkere Belysningen havde været paa et Sted af Pladen, des mere Sølv blev der udskilt her. Naar han dernæst havde fikseret Billedet ved en Væske, der opløste og fjærnede det upaavirkede Jodsølv, var det et Negativ, han havde faaet, hvor Lys og Skygge var ombyttede, og heraf maatte saa atter fremstilles et Positiv med den rette Lysfordeling. Positivet frembragtes paa et andet Stykke med Jodsølv eller Klorsølv præpareret Papir, som mellem Glasplader trykkedes tæt sammen med Negativet mod dettes Billedside. Derefter blev det udsat for Sollyset, som ved at skinne gennem Negativets lyse Partier paavirkede Positivpapiret bag dem, medens de Dele af dette, som var bag Negativets mørke Partier, blev mer eller mindre fuldstændig beskyttede mod Lyset. Efter Fiksering havde man da en Kopi med den rette Lysfordeling og tillige retvendt, medens højre og venstre var ombyttede i Negativet (Smlgn. Fig. 201 med Fig. 202). Stedet for at anvende Papir til Negativet fandt man forøvrigt snart paa at bruge Glasplader overtrukne med et tyndt Lag Æggenvide, som indeholdt Jodsølvet. Senere erstattedes Æggehviden med Kullodium; dette er en Slags kun lidet eksplosivt Skydebomuld (S. 123), der dannes, naar Bomulden ikke behandles med ret stærke Syrer; det

opløses derefter i en Blanding af Spiritus og Æter og bliver ved disse Væskers Fordampning tilbage som et limagtigt Stof, der kan danne tynde Hinder.

Talbots Fremgangsmaade, hvor der skulde dannes baade et Negativ og et Positiv, kunde synes vidtløftigere end Daguerreotypien, men foruden at være billigere og al give retvendte Billeder havde den den store Fordel, at man efter en enkelt Eksponering i Kameraet kunde faa mange Fotografier ved at tage positive Kopier efter det vundne Negativ. I tidligere Tid anvendtes dog meget de saakaldte Glasfotografier, der var Negativer, ved hvilke Glasset var overstrøget med sort Lak; paa denne sorte Baggrund traadte Billedet frem med den rigtige Lysfordeling, viste sig altsaa som et Positiv, men det var temmelig mørkt.



Kig. 201. Negativt Billede.

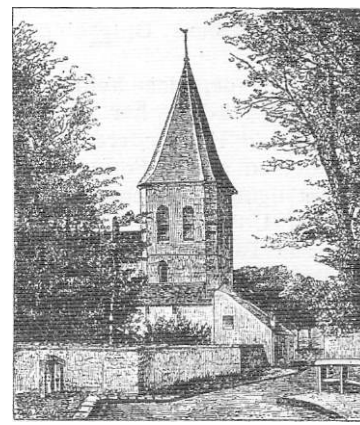


Fig. 202. Positivt Billede.

Fotografering med Kollodiumsplader var ikke saa let en Sag. Portrætfotografering gav ofte Anledning til haarde Taalmodighedsprøver baade hos den, der skulde fotograferes, og hos Fotografen paa Grund af den lange Optagelsestid. Men tillige maatte Fotografen præparere Pladen umiddelbart inden Brugen; Pladen overhældles med en Kollodiumsopløsning, der indeholdt visse Jod- og Bromsalte, og efter at den var tørret, dyppedes den i salpetersurt Sølvilte, hvorved der udskiltes uopløseligt Jod- og Bromsølv; medens den endnu var vaad, anbragtes den saa i Kameraet. Af denne Grund var Fotografering næsten uadskilleligt knyttet til Fotografens Atelier.

1 dette Forhold hidførtes der en indgribende Forandring ved Indførelse af de tørre Plader, hvor det lysfølsomme Stof — her Bromsølv — er fint fordelt (emulgeret) i et tyndt Lag Gelatine. Saadanne Plader kan, naar de opbevares paa et mørkt og tørt

Sted holde sig rede til Brug i flere Aar, og efter at de er eksponerede, kan de gemmes længe inden Fremkaldelsen. Derved muliggjordes allsaa Fotografering under Rejser, idet man nu kunde anbringe forud præparerede Negativplader i et Kamera og senere udfore Fremkaldelsen og Kopieringen i Hjemmet. I Stedet for Glasplader kan man nu faa tynde bøjelige Celluloidblade eller »Negativpapir«, saa at det bliver muligt at medføre Materiale til et saa at sige ubegrænset Antal Fotografier. I den nyeste Tid er der forøvrigt opfundet Fremgangsmaader, ved hvilke man kan udføre Fremkaldelsen ude i det fri i lukkede Apparater, som kan medføres, saa at man ikke behøver at vente, til man faar et mørkt Værelse til sin Raadighed.

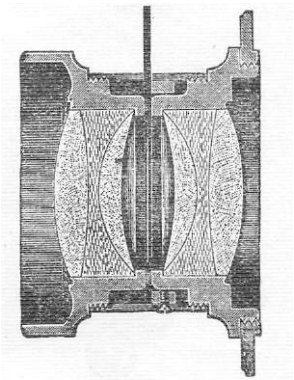


Fig. 203 Gennemsnit af et meget sammensat fotografisk Objektiv.

Ved Præparationen af Bromsølvgelatinehinderne opnaaede man tillige at forøge Lysfølsomheden i en saadan Grad, at Billedets Optagelse kunde foregaa i en ringe Brøkdel af et Sekund. Hvor lang Tid der kræves, afhænger imidlertid foruden af Hindens Følsomhed tillige af Belysningens Styrke og af den Lysmængde, Objektivet slipper ind. Ogsaa med Hensyn til Konstruktionen af Objektivlinser, som samtidig er lysstærke og giver skarpe Billeder, er der gjort store Fremskridt. De bedste Objektiver kan være sammensat af mange enkelte Linser og er ofte meget kostbare. Fig. 203 viser et saadant Objektiv med 6 enkelte Glas; i Midten er delen Blænderindretning, ved hvilken man kan give større eller mindre Lysmængder Adgang.

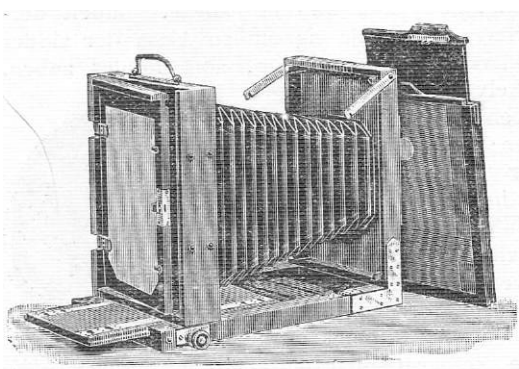


Fig 204. Stativkamera og Kassette.

Fotografiapparater, der er beregnede til Optagelse af Øjebliksfotografier er ofte indrettede som Haandkameraer, der hurtigt og nemt kan rettes mod den Person eller Scene, som man vil fotografere, og holdes i Stilling med Hænderne under Optagelsen. Medens man ved Apparater til fast Opstilling (Stativkameraer) som Regel først danner et skarpt Billede paa en forskydelig mat Glasplade (Visirskiven) og

derefter bringer »Kasetten« med den fotografiske Plade paa Visirskivens Plads, indeholder Haandkameraer ofte et helt Magasin af Plader, som paa mer eller mindre sindrig Maade kan bringes paa Plads efterhaanden; Apparatet kan være indrettet, saa at Pladen kan indstilles i den Afstand fra Linsen, som svarer til den forud maalte eller anslaaede Afstand til Genstanden; men i mindre Apparater, de saakaldte »Detektivkameraer«, foretages slet ingen Indstilling, da Pladens Afstand fra Linsen er afpasset saaledes, at Billeder af Genstande i nogenlunde stor Afstand bliver skarpe nok. For at faa Kameraet til at vende nøjagtigt i den rigtige Retning kan man benytte sig af en simpel Sigteindretning eller et lille optisk Apparat, som af Genstandene lige ud for Linsen danner et lille Rillede, der ofte kan betragtes ovenfra.

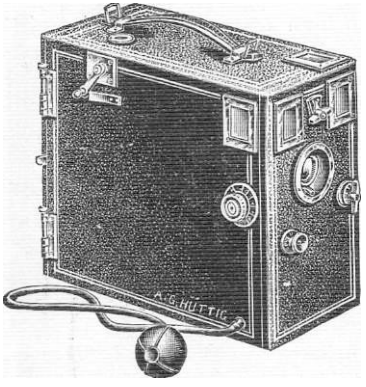


Fig. 205. Haandkamera.

Et nødvendigt Tilbehør til et Øjebliksfotogrpfiapparat er en »Øjebliksslukker«, d. v. s. en Mekanisme, vedKivilken man tilstrækkelig hurtigt kan aabne og atter lukke for Lyset. Disse Mekanismer kan konstrueres paa mangfoldige forskellige Maader. I almindelige Haandkameraer sættes de oftest i Virksomhed ved Lufttryk, som man frembringer ved at trykke paa en Gummiboldt; men de kan ogsaa udløses ved Tryk paa en Fjeder. En saadan Mekanisme (Fig. 206) kan indrettes meget simpelt derved, at en cirkelformet Skive kan dreje sig om en Akse, der sidder noget til Siden for Objektivets Blænderaabning, som holdes aaben. Den nævnte Skive har selv en Aabning, og paa Figuren staar Skivens og Blænderens Aabninger ud for hinanden; i Færdigstillingen inden Eksponeringen er Skiven imidlertid vredet om Aksen og fastholdt ved sin Rand af en lille Hage; men saa snart et lille Tryk frigør Skiven fra Hagen, vil en spændt Spiralfjeder, føre Hullet i Skiven rask forbi Blænderaabningen, og i den korte Tid, de to Aabninger er ud for hinanden, er Billedet da blevet taget. — I nogle Fotografiapparater anbringes Øjebliksslukkeren ikke henne ved Linsen, men tæt foran Pladen; man kan f. Eks. lade en Plade med en vandret Spalte fare hurtigt ned forbi den fotografiske Plade. Hvis den fotograferede Genstand (f. Eks. et Skib, en Vogn el. lgn.) flytter sig kendeligt i vandret Betning i den Tid, denne Bevægelse varer, vil lodrette Linjer i Genstanden blive mere eller mindre

Fig. 206. øjebliksslukker,

skraa paa Billedet, som altsaa bliver noget fortrukket, men dog godt kan blive klart og tydeligt.

Man har Øjebliksslukkere, ved hvilke den Tid, hvori Lyset faar Adgang, kun er $^{1}/_{100}$ eller endog $^{x}/_{1000}$ af et Sekund. Det bliver herved muligt at gribe Billedet af et Menneske eller en Hest i Spring eller Løb og faa Oplysning om de enkelte Stillinger under Bevægelsen, hvilket vort Blik ikke er hurtigt nok til at skaffe os. Under gunstige Omstændigheder kan Fotografiapparatets Øje endog opfange Billedet af den flyvende Fugl. Fig. 207 (1) viser en »fotografisk Bøsse«, som i dette Øjemed er konstrueret af Franskmanden Marey. Den ligner i det ydre en Bøsse, men i Løbet findes en Linse, og det cylindriske Bundstykke, som i Fig. 207 (2) ses delvis aabent, indeholder et Urværk og 12 smaa fotografiske Plader i Randen af en Skive. Naar man har faaet Sigte paa Fuglen, sætter man ved Tryk paa en Fjeder Urværket i Gang; det fører da i Løbet af et

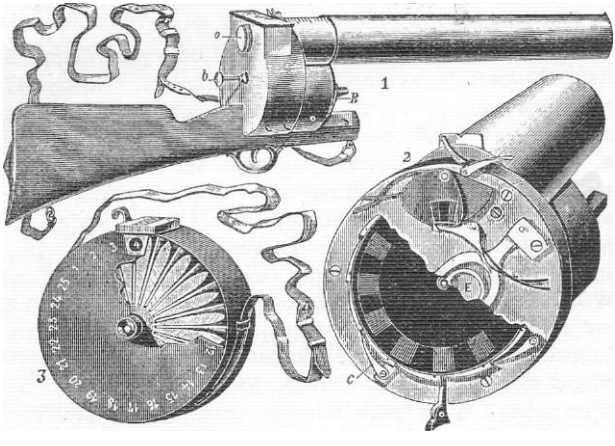


Fig. 207. En fotografisk Bøsse.

Sekund alle Pladerne saaledes forbi Løbet, at hver standser og belyses $^{1}/_{720}$ Sekund. Kan man følge Fuglen et helt Sekund, faar man altsaa 12 Billeder af Legemets og Vingernes Stilling i Løbet af denne korte Tid. Det var nærmest Mareys Hensigt, at saadanne Billeder skulde benyttes ved Studier over Fugleflugten.

Naar man benytter Dagslyset ved Fotografering, er man i høj Grad afhængig af Dagstiden, Vejret o. s. v. Det er imidlertid muligt at tage Fotografier ved ethvert kraftigt og hvidt Lys; hvad det her kommer an paa, er navnlig, at Lyset er rigt paa blaa og violette Farvearter, da disse har stærkest Virkning paa den lysfølsomme Hinde, medens gult og rødt Lys er helt eller næsten uvirksomt. Det elektriske Buelys er vel egnet til Fotografering, og benyttes i mangt et fotografisk Atelier, hvor man da kan tage Foto-

grafier til enhver Tid. Mere tilgængeligt for enhver er Magniumlyset, der fremkommer, naar Traad eller Pulver af Metallet Magnium brænder; ved Oplagelse af Øjebliksfotografier benyttes ofte det saakaldte Lynpulver, en Blanding af Magniumspulver og klorsurt Kali o. lgn., der tændes og brænder saa hurtigt, at den, der skal fotograferes, ikke kan naa at glippe med Øjnene for Lyset, inden Billedet er taget.

Om en engelsk Opsynsmand i Indien, der havde et Glasøje, fortælles det, at han, naar han gik bort fra de indfødte Arbejdere, anbragte det kunstige Øje paa et Sted, hvorfra det stirrede mod Arbejderne, som da ikke vovede at kaste Spade og Hakke til Side. Deres Frygt for det Trolderi, som kunde gemme sig i en saadan evropæisk Opfindelse, var, om end i dette Tilfælde ubegrundet, saa dog slet ikke urimelig. I Fotografiapparatet har vi jo i Virkeligheden et saadant kunstigt Øje, der godt kan indrettes til at se, hvad der foregaar, hvor vi ikke selv er til Stede, og bagefter fortælle os det.

I Videnskaben benyttes Fotografien ofte paa denne Maade; i underjordiske Magnetobservatorier kan f. Eks. et lille Spejl, der er anbragt paa den bevægelige Magnetnaal, kaste en lille Lysplet paa et præpareret Papir. Eftersom Magneten drejer sig til højre eller til venstre, vil Lyspletten bevæge sig paa tilsvarende Maade til Siderne; og naar et Urværk f. Eks. fører Papiret jævnt ned ad, tegner Lyspletten paa Papiret en Linje, som bugter sig til Siderne efter Magnetnaalens Bevægelser. Disse kan saaledes Døgn efter Døgn optegnes paa fotografisk Papir, og paa lignende Maade lader man flere Steder Jordskælvsmaalere (Seismografer) ad fotografisk Vej optegne alle Bevægelser i Jordskorpen. Ogsaa paa andre Maader tjener Fotografien som Naturvidenskabernes Protokolfører. Ved dens Hjælp optages for Tiden paa Observatorier rundt om i Verden et mægtigt Stjæi nekort over hele Himlen med en saadan Vrimmel af Stjærner, at det vilde være ganske uoverkommeligt gennem Observationer med Øjet at bestemme og optegne deres Plads. Ved Stjærneiagttagelser har den fotografiske Plade desuden den store Fordel fremfor Øjet, at den saa at sige kan ophobe Lyset fra Stjærnerne, naar Kikkerten med Pladen følger dem i længere Tid; Øjet bliver blot træt af at blive ved at stirre paa samme Plet, men paa Fotografipladen dukker der efterhaanden flere og flere af de mindste Stjærner frem. Fotografipladen kan i det hele taget ved mange Lejligheder opfatte Ting, som Øjet ikke kan gribe f. Eks. som ovenfor nævnt de enkelte Stillinger under hurtige Bevægelser; ligesaa Lynet, der ofte blænder Øjet. Af stor Vigtighed baade i videnskabelig og teknisk Henseende er Mikrofotografien eller Fotografering af mikroskopiske Præparater; blandt andet har Fotografering af gennemsigtige Plader af mikroskopisk Tykkelse af forskellige Stoffer faaet ikke ringe Betydning for Materialundersøgelser.

Det blev ovenfor nævnt, at den fotografiske Plade paavirkedes

stærkest af blaa og violette Farvearter; dette vil have til Følge, at paa et Fotografi vil de blaa Partier af en Genstand være lysere, de røde mørkere end i Virkeligheden. Man kan til Dels raade Bod paa denne Ulempe, idet man ved Fremstillingen af den fotografiske Hinde tilsætter visse Stoffer, som gør den mere følsom for de røde og gule Farver; den kaldes da orthokromatisk. Men selv om man ved disse og andre Midler kan faa Fotografier til at gengive ikke blot Former, men ogsaa Lysfordeling rigtigt, saa vidt som et fladt Billede er i Stand dertil, saa mangler dog stadig Farverne. Linsen danner inde paa Visirskiven og altsaa ogsaa paa Fotografipladen et Billede med de naturlige Farver, men det færdige Fotografi giver os kun Modsætninger mellem Lys og Mørke.

Paa Forhaand maatte det synes meget lidt sandsynligt, at vi nogensinde vilde naa til at fotografere med naturlige Farver; vore almindelige Farvestoffer har jo i Reglen hver sin bestemte Farve, som vel kan ødelægges af Lys eller Kemikalier, men ikke efter Behag forandres til andre Farver, og der var ingen Grund til at vente, at Naturen en skønne Dag skulde skænke os et Stof, som farvedes varigt rødt af rødt Lys, gult af gult Lys o. s. v. Ikke des mindre har det endogsaa paa mindst to vidt forskellige Maader været muligt at fremstille Farvefotografier.

Den Fremgangsmaade, som er naaet længst frem i Retning af praktisk Anvendelighed, er den indirekte eller uegentlige Farvefotografi, den saakaldte Trefarvefotografi, hvis Princip er angivet for mange Aar tilbage af Franskmændene Charles Cros og Ducos du Hauron. Vi skal kort angive Fremgangsmaaden, som den i de seneste Aar er uddannet af Amerikaneren Iwes og Tyskerne Zink og Miethe.

Der tages for det første 3 Billeder af Genstanden gennem henholdsvis en rød, en grøn og en blaa (blaaviolet) Plade af Glas eller andet gennemsigtigt Stof, de saakaldte Farvefiltre; hver af dem lader fortrinsvis sin Del af det hvide Lyses Farvearter gaa igennem og standser helt eller delvis de andre. Af de 3 frembragte Negativer dannes paa sædvanlig Vis, dog ikke paa Papir, men paa gennemsigtige Plader, 3 Positiver, som vi for Simpelheds Skyld vil kalde det »røde«, det »grønne«, og det »blaa« efter de brugte Farvefillre, skønt naturligvis baade Positiver og Negativer kun har Modsætninger mellem Lys og Mørke som andre Fotografier. Dersom der paa Genstanden fandtes Partier af en saadan ren rød Farve, at Lyset fra den kun kunde gaa gennem det røde Farvefilter og slet ikke gennem de andre, vilde det blive lyst (d. v. s. gennemsigtigt) i det »røde« Positiv, men mørkt (uigennemsigtigt) i de andre; hvide Partier vilde derimod blive gennemsigtige i alle 3 Positiver.

Danner vi nu ved et Projektionsapparat (Laterna magica), hvis Linse er dækket af et rødt Farvefilter et Lysbillede af det »røde« Positiv paa en Skærm, vil her baade Genstandens røde og hvide Partier træde lyst frem med rød Farve. Og dersom vi ved to

andre Projektionsapparater med henholdsvis grønt og blaat Farvefilter for Linsen paa samme Skærm danner Billeder af det »grønne« og det »blaa« Positiv saaledes, at tilsvarende Steder af de 3 Billeder nøjagtigt dækker hinanden, vil Genstandens røde Partier blive ved at være røde i Billedet, fordi de to ny tilkomne Positiver ikke slipper noget Lys igennem her; derimod vil der paa de hvide Partier nu ikke blot komme rødt Lys, men ogsaa grønt og blaat, og naar Farvefiltrenes Farvetone og -styrke er rigtigt valgt, vil det røde, grønne og blaa smelte sammen til hvidt. Paa lignende Maade fremkommer de rette Farver paa andre Partier af Billedet. Lysbilleder, der fremstilles saaledes ved et tredobbelt Projektionsapparat, kan gengive Genstandens Farver paa en meget levende og naturtro om end ikke teoretisk fuldkommen Maade. I Stedet for at danne Lysbilleder kan man benytte et særligt Apparat, Kromoskopet, i hvilket 3 Spejlbilleder af de 3 Positiver, belyste af Dagslyset, hver gennem sit Farvefilter, bringes til at falde sammen for Øjet.

Man kan ogsaa faa farvede Billeder, dei kan betragtes uden Apparater, idet man enten fotograferer de 3 Positiver paa forskelligt farvede gennemsigtige Blade, som klæbes sammen, eller danner Trykplader efter de 3 Fotografler og trykker dem over hinanden med hver sin Farve; men Farveforholdene er ved disse Metoder ofte langt mere indviklede end ovenfor beskrevet.

Ved Fotografiapparater med gode Farvefiltre og Indretninger til hurtigt at veksle Plader og Filtre bliver Fremstillingen af Billeder, der kan bruges i Iiromoskop eller til farvede Lysbilleder, en forholdsvis let Sag. Selv Portrætter kan tages paa denne Maade, da Optagelsen af de 3 Billeder kan fuldendes paa faa Sekunder. Men det er jo rigtignok kun ad Omveje, man naar til det farvede Billede. Den Plade, der belyses gennem det røde Farvefilter maa naturligvis være gjort følsom for rødt Lys og endda belyses meget længere end de andre, navnlig end den, der faar blaat Lys.

I 1891 opfandt den franske Fysiker Lippmann imidlertid en direkte Fremgangsmaade, ved hvilken Lyset fra Genstanden virkelig selv fremkalder Farverne i den lysfølsomme Hinde Denne er af Gelatine med Bromsølv som sædvanlig, men er gjort orthokromatisk og skal tillige være gennemsigtig; endvidere anbringes der under Optagelsen af Billedet en spejlende Kviksølvsoverflade bag den, hvad der let kan udføres i en Kasette af særlig Konstruktion. Naar Pladen efter Optagelsen fremkaldes og fikseres, har man da et Billede med naturtro Farver.

Her er ikke opstaaet virkelige Farvestoffer i Hinden; de Farver, der viser sig, er af lignende Natur som de, vi kender fra Sæbebobler og andre tynde Hinder. Sølvet er ikke blevet udskilt jævnt i den fotografiske Hinde, men deler den i en Række uhyre tynde Lag, hvis Tykkelse paa hvert Sted bestemmes af de Lysstraalers Farve, som under Fotograferingen traf Hinden paa dette Sted; og naar Fotografiet siden belyses af Dagslyset, vil de tynde Lag lige-

som Sæbehinder af bestemt Tykkelse kun tilbagekaste en bestemt Farve, og det er netop den samme, som har dannet Lagene her. Farverne træder imidlertid kun tydeligt frem, naar man betragter Billedet i skraat tilbagekastet Lys. Der kan ikke tages Kopier af Billedet. Optagelsestiden er i allergunstigste Tilfælde $^1/_2$ Minut, men som Regel langt mere, saa at det er meget vanskeligt at tage Portrætter. Paa Grund af disse Ulemper har denne smukke Metode desværre kun kunnet faa ringe Udbredelse.

Endnu kunde vi som en mulig Fremtidsvej til direkte Farvefotografering nævne den saakaldte Blegningsmetode. Mange Farver bleges som bekendt af Sollyset, men i det mindste for visse Grupper af Farvestoffer har man fundet, at rødt Lys bleger ikke røde Farver, grønt Lys ikke grønne o. s. v. Havde man nu paa en i et Kamera indsat Plade blandet en stor Mængde Farvestoffer, som hurtigt blegedes i Lyset, saa vilde det grønne Farvestof holde sig uforandret paa de Steder, hvor Pladen belyses af grønt Lys, medens de andre Farvestoffer afblegedes; her vilde Pladen da blive grøn, og paa samme Maade vilde andre Farver præge sig paa Pladen. Kunde man derefter ved Behandling med en eller anden Væske gøre Farverne lysægte, havde man naaet Maalet. — Allerede i Midten af forrige Aarhundrede havde Franskmanden E. Becquerel paa Klorsølvhinder faaet dannet Farvefotografier, som dog ikke kunde fikseres; Farverne fremkommer vistnok her ved Blegning af en Blanding af mange forskellige Farvestoffer (muligvis forskellige Forbindelser af Klor og Sølv?), som dannes ved Indvirkning af hvidt Lys paa Klorsølv. I den nyeste Tid har Dr. Neuhauss i Tyskland i enkelte Tilfælde kunnet fæstne Blegningsfarver (ikke af Klorsølv). Men om disse svage Spirer til Farvefotografi efter Blegningsmetoden skal blive til noget, kan kun Fremtiden vise.

Ved den sædvanlige Kopieringsmetode kan man jo af et enkelt fotografisk Negativ fremstille mangfoldige positive Kopier; men Metoden er rigtignok saa langsom og besværlig, at den kun indenfor en meget indskrænket Maaleslok kan benyttes til Mangfoldiggørelse af Billeder til Forhandling. Hvad det her gælder 0111, er aabenbart at faa fremstillet Trykplader ad fotografisk Vej.

Allerede Niepce gjorde de første Skridt i denne Retning. Han havde iagttaget, at den Asfalt, hvormed han arbejdede, ved lang Tids Indvirkning af Lyset blev uopløselig i visse Væsker, som kunde opløse den ubelyste Asfalt. Hvis man i et Kamera paa en Metalplade med et tyndt Asfaltovertræk dannede et Lysbillede f. Eks. af en Tegning —, vilde Asfalten efterhaanden blive uopløselig i de omtalte Væsker overalt udenfor Tegningens Linjer. Behandledes Pladen derefter med en saadan Væske, vilde Metallet altsaa kun blive blottet paa Tegningens Linjer, og de kunde da ved en Syre ætses ind i Metallet. Naar al Asfalten dernæst fjærnedes ved andre Midler, havde man en Metalplade med fordybede Linjer og kunde bruge den til Trykning paa samme Maade som en graveret eller

raderet og ætset Kobberplade (S. 233). Niepces Resultater var sikkert ret ufuldkomne, men Fremgangsmaaden blev senere videre udviklet af hans Søstersøn Niepce de St. Victor. Paa noget anden Vis benyttes den ovennævnte Egenskab ved Asfalten ogsaa til Fremstilling af Trykplader til Relieftryk.

I større Omfang og paa flere Maader end Asfalten er dog et andet Stof, nemlig den saakaldte Kromgelatine, blevet anvendt i Fotografi og Billedtryk paa Grund af dets ejendommelige Forhold overfor Lyset.

Franskmanden Poitevin havde gjort den Iagttagelse, at Kromgelatine, der havde været udsat for Lyset, tog imod saadan fed Trykfarve som bruges i Litografien, medens ubelyst Kromgelatine skyede denne Farve. Paa Grundlag af denne Opdagelse var det nu muligt af et fotografisk Negativ at danne en Kopi, som uden videre kunde give et positivt Aftryk i en litografisk Presse. Det kan ske paa den Maade, at en Kromgelatinehinde anbragt paa et eller andet Underlag (Sten, Metal, Glas) belyses gennem det paagældende Negativ; under Negativets gennemsigtige Dele, der svarer til den afbildede Genstands mørke Partier, gør Lyset da Hinden modtagelig for fed Farve, og naar man efter Udvaskning af Hinden indsværter den med saadan Farve, hænger denne kun ved paa de belyste Steder, de fremtræder altsaa nu mørke, som de skal paa et positivt Billede, og dette Billede kan fra Hinden trykkes over paa Papir i en litografisk Presse.

Det var vanskeligt at faa Kromgelatinen til at hænge tilstrækkeligt fast paa Underlaget under Trykningen, men efterhaanden overvandtes denne og andre Vanskeligheder paa flere forskellige Maader. Da der her ligesom i Litografien trykkes med plane Trykplader, hvor det er kemiske Forskelle og ikke Højdeforskelle, der bestemmer hvor Sværten skal sætte sig, kan man sammenfatte de forskellige Fremgangsmaader af denne Art under Navnet det plane Lystryk eller ogsaa betegne dem som Fotolitografi.

Særlig har Albert i Munchen, der som Underlag for Kromgelatinen indførte Spejlglas, gjort sig fortjent af det plane Lystryks Udvikling. Hans Fremgangsmaade gjorde det muligt ad fotolitografisk Vej at sprede udmærkede Gengivelser af Malerier, Billedhuggerværker m. m. i talrige Eksemplarer. Da den befugtede Gelatinehinde modtager og ved Trykning atter afgiver mere eller mindre Farve, eftersom den har været mer eller mindre belyst, kan man ved Lystrykket faa gengivet de jævne Overgange fra Lys til Mørke, som findes paa Fotografier efter virkelige Genstande.

For at faa Fotografier (efter Tegninger eller efter Naturen) mangfoldiggjort ved Bogtrykkerpressen, saa at de kunde tjene som Tekstillustrationer i Bøger, maatte man gaa over fra litografiske Metoder til Højætsning, ligesom det maatte gøres ved Tegninger, der var udført med litografisk Blæk og trykket over paa Zink (S. 236). Ogsaa naar man ve Fremstilling af højætsede Pia-

der skal bruge Fotografiens Hjælp, er det som oftest Zink, der maa tjene som Materiale til Pladerne, og man kan da betegne Metoden som Fotozinkografi, et Navn, der rigtignok ogsaa kunde omfatte plant Lystryk med Zinkplader som Underlag for Kromgelatine. Mere i Almindelighed kan vi kalde Trykning med højætsede Plader, der er frembragt ad fotografisk Vej, for Lyshøjtryk som Modsætning til det plane Lystryk.

Den allerstørste Del af Illustrationerne i denne Bog er trykt med højætsede Zinkplader, frembragte ad fotografisk Vej. Vi skal kort angive den derved anvendte Fremgangsmaade.

Vi vil foreløbig antage, at der skal fremstilles en Trykplade enten efter en ny Pennetegning eller efter et ældre trykt Billede,

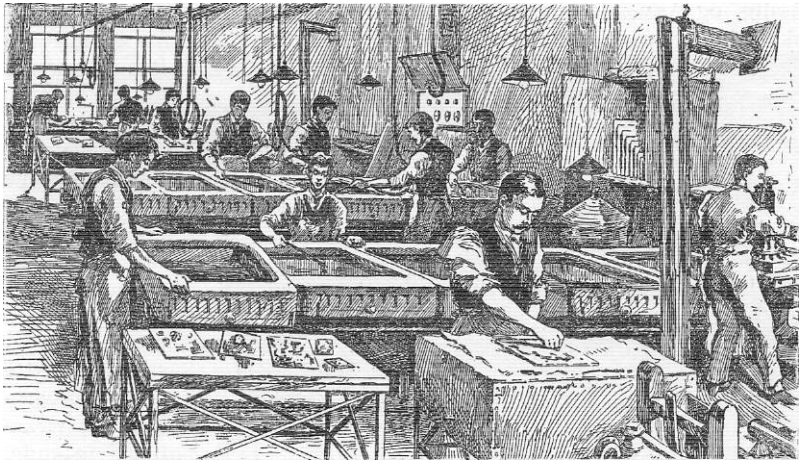


Fig. 208. Ætsning i en Reproduktionsanstalt.

som bestaar af Streger, der ved deres forskellige Tæthed (og Tykkelse) danner Billedets mørkere og lysere Partier; det kunde f. Eks. være et ældre Træsnit, der skal reproduceres. Af Tegningen eller det trykte Billede optages der først i et fotografisk Kamera et Negativ, der naturligvis godt kan have en anden Størrelse end Originalen. En Zinkplade med en Hinde af Æggehvide med kromsur Kali belyses gennem dette Negativ. Naar man derefter fører en Valse med fed sort Farve hen over Zinkpladen, vil Farven, efter at Pladen er skyllet i Vand, kun findes paa de belyste Steder, altsaa netop der, hvor Stregerne var i det oprindelige Billede, af hvilket man derfor nu ser en nøjagtig Kopi paa Zinken. Paa de ubelyste Steder forsvinder baade Farven og »Kromhinden« ved Vandets Indvirkning. Naar Zinken dernæst ætses med Syre, vil Overfladen fordybes overalt uden for Stregerne, men disse beskyttes mod Syren af Farven;

dog maa man forud forøge Farvens Dækkraft, bl. a. ved Indpudring med Asfaltpulver, der hænger fast i Farven, men kan støves af paa det glatte Metal. Ved Ætsningen bliver Stregerne altsaa staaende i Relief, og man har saaledes faaet en højætset Plade, der efter at være fæstet til en Træklods kan bruges i Bogtrykkerpressen; kun Stregerne tager mod Sværten og afgiver den ved Trykning til Papiret, der saaledes modtager en nøjagtig Reproduktion af det oprindelige Billede. Fig. 209 viser en saadan Trykplade til en Tegning med faa Linjer; man ser, at Bogstaverne (f. Eks. L'erne øverst til højre) er omvendte; ellers vilde de jo ikke blive retvendte i Aftrykket.

Da man ved Fotografering paa Zink og Ætsning som her beskrevet kan fremstille Klichéer til Bogtryk (Relieftryk) af Haandtegninger, bliver den besværlige Udskæring af Tegningen i Træ overflødig, og Anvendelsen af Træsnit er da ogsaa blevet meget indskrænket i de senere Aar, selv om Xylograflen langt fra er gaaet af Brug. I mangfoldige Illustrationer i Nutidens Bøger er imidlertid ikke blot Træsnitteren, men ogsaa Tegneren sprunget over, idel Trykpladerne er fremstillede direkte efter Fotografier af virkelige Genstande. Men her var

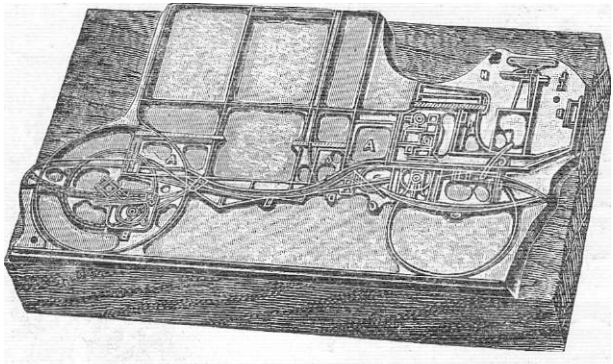


Fig. 209. En højætset Zinktrykplade.

der den Vanskelighed, at i Fotografierne foregaar Overgangen fra mørke til lyse Partier derved, at den sorte Farve gradvis aftager i Styrke og efterhaanden nærmer sig til hvidt, altsaa ikke som i Træsnit, Kobberstik o. s. v., hvor der paa hvert enkelt Sted er en skarp Kontrast mellem de sorte Streger og den hvide Grund. Saadanne jævne Overgange som i Fotografierne kan ikke frembringes ved Trykning med højætsede Plader; selv om der kunde fremstilles Plader med jævne Skraaninger fra de fremtrædende til de dybtliggende Partier, vilde de dog ikke i Pressen kunne afgive Sværte til Papiret saaledes, at der blev en tilsvarende gradvis Aftagen af Farvestyrken. Man maatte altsaa paa en eller anden Maade faa Fotografiernes sammenhængende graa Flader opløst i Streger eller Punkter, hvis Tæthed eller Bredde var større paa de mørkere end paa de lysere Steder.

Meissenbach i Tyskland løste denne Opgave ved at anbringe et fint Musselinsnet inde i Kameraet foran den fotografiske Plade under

Billedoptagelsen. Senere indførte Amerikaneren Levy i Stedet for Musselinsnet Glasplader, paa hvilke der var indridset et Net af line Linjer. Linjerne i hvert af de to Linjesæt, der danner Nettet, ligger meget tæt ved hinanden; paa de fineste Net kan der gaa henved 100 Linjer paa en Centimeter. Naar et Negativ, som er taget direkte efter Naturen, men bag et saadant Net, kopieres paa en Zinkplade som foran beskrevet, og denne derefter indfarves og ætses, faar man en Kliché, som kan bruges til Trykning i Bogtrykkerpressen.

Det paa denne Maade frembragte Billede, der kaldes et Avtotypi, ligner et F'otografl og synes ligesom dette at have jævne, ubrudte Overgange fra Mørke til Lys; det kaldes af denne Grund ogsaa »Tonætsning« i Modsætning til de før omtalte fotozinkografiske Gengivelser, der betegnes som »Stregætsninger«. Ved at undersøge Billedet nærmere vil man imidlertid, særlig naar man bruger Forstørrelsesglas, let opdage, at de tilsyneladende sammenhængende Flader i Virkeligheden er dannet af mørke og lyse Streger og Punkter. I Fig. 210 er i stærkt forstørret Maalestok gengivet et lille Stykke af et Avtotypi, hvor man tydeligt ser, hvori Forskellen mellem de mørkere og lysere Partier i Virkeligheden beslaar; men med Lup kan man se det samme paa mange andre Billeder i denne Bog (se f. Eks. Fig. 110 S. 129). De fleste vilde vel efter den foranudgaaende Beskrivelse af Fremgangsmaaden vente, at der i Avtotypiet maatte ses et sammenhængende Net af fine, mørke Linjer, der var en nøjagtig Gengivelse af Glasnettets Linjer, men et Blik paa Fig. 210 viser, at dette ikke er Tilfældet; Sagen er den, at Linjerne er altfor fine, til at de kan kaste et Net af skarpe Skygger paa den fotografiske Plade, skønt Glasnettet anbringes tæt ved den (højst 3—4 Millimeter fra den).

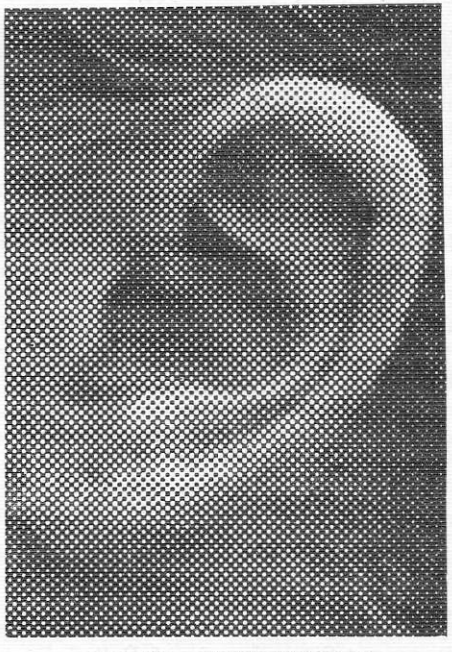


Fig. 210. Et lille Stykke af et Avtotypi, forstørret.

Vi tænkte os i det foregaaende, at Avtotypiet var fremstillet efter et Negativ, der var fotograferet med Net direkte efter virkelige Gen-

stande. I Praksis vil der imidlertid i Reglen foreligge Fotografier, som er optaget paa sædvanlig Maade, og efter hvilke der saa i en »Reproduktionsanstalt« fremstilles en Kliché, idet Billedet fotograferes med Net, og det dannede Negativ kopieres paa en Zinkplade, som behandles videre. Foruden virkelige Genstande og Fotografier efter dem maa ogsaa Malerier og andre Billeder, som ikke har skarpe Kontraster mellem Lys og Mørke, fotograferes med Net.

Idet et Billede eller en Genstand først fotograferes i et Kamera, dernæst kopieres paa Zink og endelig trykkes i en Presse, vilde det udkomne Billede blive omvendt (højre og venstre ombyttet), hvis man ikke paa en eller anden Maade fik det vendt om endnu en Gang. Dette sker i Reproduktionsanstalter derved, at der anvendes et Kamera af ejendommelig Art, hvor dér foran Objektivet findes et tresidet Glasprisme, hvis ene Flade danner et Spejlbillede af Originalen; og det er dette Spejlbillede (i hvilket højre og venstre er ombyttet), der fotograferes.

Foruden de allerede nævnte fotografiske Trykkemetoder gives der mange andre, af hvilke de vigtigste grunder sig paa den Egenskab ved Kromgelatine, at den bliver uopløselig i varmt Vand ved Belysning. Allerede Talbot havde opdaget denne Egenskab, og Poitevin benyttede den til Fremstilling af de saakaldte Kulfotografier, der tilvejebringes omtrent paa følgende Maade: Efter at der er dannet et Negativ paa sædvanlig Maade, bliver et Stykke Papir med et Lag Kromgelatine, der er ensartet farvet med Tusj (fint fordelt Kulpulver), belyst gennem dette Negativ. Lyset gør da Gelatinen uopløselig paa den Side, der vender uiod Negativet, og denne Virkning naar dybest ind i Gelatinelaget inden for Negativets mest gennemsigtige, — altsaa Genstandens mørkeste •— Partier. Naar man derefter med varmt Vand fjærner den upaavirkede Gelatine, vil den tilbageblivende Gelatinehinde og altsaa ogsaa Tusjlaget være tykkest der, hvor Billedet skal være mørkest, tyndere paa de lysere Partier, og anbragt paa en hvid Baggrund vil den derfor give et positivt Billede. Nogen Vanskelighed volder det, at den upaavirkede Gelatine, som skulde fjærnes, fandtes mellem Papiret og det uopløselige Lag; efter Belysningen bliver derfor hele Gelatinehinden skilt fra Papiret og ført over paa et andet Underlag. Kulfotografierne er langt mere holdbare end de almindelige Fotografier.

En Gelatinehinde som den, der tilvejebringes ved Fremstillingen af Kulfotografier kan imidlertid ogsaa anvendes til Trykningsformaal. Dens ene Side viser jo et Relief, hvor de mørke Billedpartier er ophøjede. Naar Hinden tørres, kan den blive saa haard, at der i en Presse kan lages et Aftryk af den i blødt Metal. I den saaledes dannede Metalplade er de mørke Rilledpartier altsaa fordybede, og hvis Billedet bestaar af Sireger — som naar det er Fotografi af en Haandtegning, Kobberstik el. lgn., — kan man ligefrem tage Aftryk af Metalpladen paa samme Maade som af en Kobberstikplade (S. 233). Fremgangsmaaden kan dog ogsaa anvendes paa Fotografier af virke-

lige Genstande, idet man paa en eller anden Maade opløser Billedets Lysovergange i Punkter eller »Korn«.

Ved de store Fremskridt, der er sket paa Billedtrykkets Omraade, er gode Billeder blevet let tilgængelige for alle. Medens tidligere allerede nogle faa Illustrationer kunde fordyre en Bog betydeligt, er det nu muligt at udsende billige Udgaver af Bøger med Billeder i Hundredevis. I Rejsebeskrivelser og andre geografiske Værker kan Reproduktioner af Fotografier efter Naturen give klarere Forestillinger om de paagældende Fgne end bele Sider med Beskrivelse. Og ikke mindst Bet3'dning bar det, at Kunsten gennem Vægbilleder og Billedværker kan trænge ind selv i fattige Hjem. Den, der ikke møder med kræsne Fordringer til Udstyrelsen, kan for faa Kroner skaffe sig smukke, tydelige og paalidelige Gengivelser af talrige af Verdens værdifuldeste Kunstskatte; herhjemme har vi i »Frems« Værk »Billedkunsten« et smukt Vidnesbyrd om, hvad der kan naas i denne Henseende. Ved Vægbilleder er det, hvor der ikke er Tale om originale Kunstværker, men om Reproduktioner, som oftest Ramme og Glas, der er kostbarest; og den, der er beskeden i sine Fordrindringer i denne Retning, vil uden stor Bekostning kunne pryde sine Vægge med mange gode Smaabilleder. De Muligheder, som her frembyder sig, er langt fra udnyttet, som de fortjener.

VI. SKIBSFARTEN.

Skibes Fremdrift ved Aarer og Sejl. - Vejfindings- og Sikringsmidler paa Søen (Kompas, Log, Lod, Fyrvæsen m. m.). — Dampskibets Opfindelse. — Dampskibsfartens senere Udvikling. — Undervandsbaaden. — Kanaler. — Dokker.

Det første Fartøj var rimeligvis en paa Vandet drivende Træstamme, den første Aare en Trægren og den første Mast med Sejl maaske en løvrig Gren. For den, der var blevet vant til at benytte enkelte flydende Træstammer som Fartøj, laa den Tanke ikke fjærn at forene flere Stammer til en Tømmerflaade. Baaden, der paa Grund af Hulrum flyder højere paa Vandet og kan bære mere end det Stof, hvoraf den er dannet, ellers vilde formaa, er derimod en Opfindelse, som maa have haft andre Udgangspunkter end Iagttagelsen af Drivtømmer. Maaske er denne Opfindelse paa forskellige Steder gjort paa forskellig Maade; i alt Fald er de simpleste Baade, som vi nu træffer hos vilde Folkeslag rundt om i Verden, af vidt forskellig Art, til Dels bestemt ved de Materialier, der er lettest Adgang til paa Stedet. Nogle Steder er Baaden en udhulet Træstamme, og blandt de evropæiske Stenalderfund har man truffet saadanne Træstammer, der bærer Spor af at være blevet udhulet ved Ildens

Hjælp; denne Art Baade er altsaa af meget gammel Oprindelse. Andre Steder dannes Baadene af Bark eller Dyrehuder, der holdes udspændt i Baadeform af et Stel af Træ eller undertiden — som i Grønlændernes Kajak — af Fiskeben; den første Oprindelse til Baade af Dyrehuder kan muligvis have været udpustede og lukkede Huder; saadanne udpustede Lamme- og Gedeskind benyttedes i Oldtiden meget paa Floderne Evfrat og Tigris til bærende Underlag for Flaader, som hurtigt og let kunde dannes, naar Varer skulde føres over Floden.

Muligheden for en Udvikling fra smaa Baade til større Fartøjer, der kunde være værdige til Navnet Skibe, var imidlertid kun til Stede, hvor man var begyndt at bygge Fartøjer ved at sammenføje tildannede Planker i Baadform. I Ægypten har man fra en Tid, der rimeligvis ligger 4000 Aar eller mere tilbage, fundet Rester af Skibe byggede af Cedertræ og indtil en halv Snes Meter lange; paa disse gamle Skibe synes de enkelte Planker at have været sammenbundne med Remme, der var stukket gennem borede Huller; Huller og Fuger blev saa bag efter tættede med Jordbeg. Fundene viser, at Skibene ikke blot havde Aarer, men ogsaa en Mast, saa at de altsaa har baaret Sejl. At Sejlskibe blev anvendt meget tidligt i Ægypten, fremgaar ogsaa af gamle Billeder som f. Eks. Fig. 211, der skriver sig fra c. 1400 f. Kr, Man ser her, at Skibet styredes af en Mand i Bagstavnen ved en stor, bred Aare. Et Bor, der som paa Nutidens Skibe er anbragt helt bagude, har først vundet Indgang forholdsvis .sent; endnu paa de nordiske Vikingeskibe benyttedes som Ror en bred Styreaare, der var anbragt nær Agterstavnen paa højre Side (»Styrbord«),

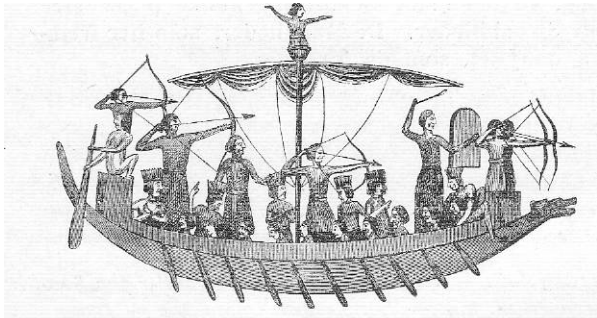


Fig. 211. Et gammelt Krigsskib fra Theben i Ægypten.

Til Trods for den høje Udvikling Søfarten naaede i visse Henseender hos Fønikkerne allerede flere Aarhundreder f. Kr. og senere hos Grækerne og til Dels Romerne, synes Oldtidens Folkeslag ikke at have gjort store Fremskridt med Hensyn til fuld Udn37ttelse af Vindkraften ved stærk Sejlføring. Navnlig ved Krigsskibe lagdes Hovedvægten i Reglen, paa Aarerne som Fremdriftsmiddel. Allerede Grækerne anbragte ofte ved hver Skibsside tre Rækker Rorkarle over hinanden, og Romerne, der havde let ved at skaffe Slaver, der kunde trække Aarene i de store Roskibe (Galejer), byggede endog Skibe med 5 Aarerækker.

De nordiske Vikinger var dristige og dygtige Sømænd, som forstod at udnytte Vinden godt: de har sikkert nok kendt den Kunst at faa Skibet til at gaa noget op mod Vinden, idet Sejlene stilles saa skraat, at Vinden træffer dem paa Bagsiden. Men Vikingeskibene havde sjælden mere end en Mast, og foruden Sejlene benyttedes ogsaa Aarer i vid Udstrækning. Skibe, der havde flere Master og stærk Sejlføring, og som udelukkende brugte Vinden som Drivkraft, blev først almindelige henimod Middelalderens Slutning; under de store Opdagelsesrejser til Indien og' Amerika var den vigtigste Sejlskibstype de saakaldte Karaveller, om hvis Indretning Fig. 212 giver en Forestilling. I Løbet af de følgende Aarhundreder udviklede navnlig Hollænderne og Englænderne Sejlskibene videre, byggede dem større og navnlig med større Dybtgaaende; de kunde da bære en højere Rejsning og alligevel taale en nogenlunde stærk Sidevind uden at kæntre; Masterne blev sammensat af flere Stykker, og Takkelagen dannet af en Mængde Sejl, hvorved Manøvreringskunsten blev mere indviklet, men tillige kunde udrette langt mere end tidligere. Saaledes var man for hundrede Aar siden efterhaanden naaet til de Sejlskibstyper, Skonnert, Bark, Brig o. fl.,. som i det væsentlige har holdt sig op til Nutiden.

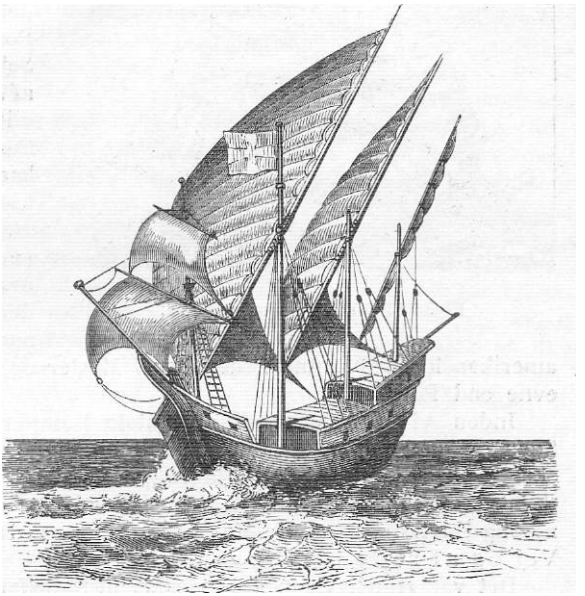


Fig 212. Karavel omtrent fra Kolumbus Tid.

Dampkraftens Indførelse som Drivkraft paa Søen ørté Skibsfarten ind paa ny Baner, men Sejlskibet har dog stadig formaaet at hævde en meget betydningsfuld Piads paa Fragtfartens Omraade. Fremskridtene med Hensyn til Sejlskibenes Bygning er heller ikke ophørt, og netop i de senere Aar har man begyndt at slaa ind paa ny .Veje ved Bygningen af meget store Sejlskibe af Staal og til Dels med Staalmaster. Nogle af disse Skibe er af lignende Størrelse som de største Dampere i Danmarks Handelsflaade; de er forsynede med Dampmaskiner, der kan drive Ankerspil, Styreapparat, Pumper og

til Dels ogsaa Vinder, der bruges ved Hejsning af Sejlene o. s. v. Fig. 213 viser en af disse kæmpemæssige Sejlere, den tyske Femmaster Potosi; dette Skib kan indtage en Ladning af over 6000 Tons, dets Længde er 120 Meter, og Stormastens Top er mere end 60 Meter over Vandlinjen (over Gang Rundetaarns Højde). Naar Potosi gaar for fulde Sejl, har det en Sejlflade af 7—8000 Kvadratmeter eller henimod 1/2 Tønde Land; til Sammenligning kan det anføres, at Vindfladen ved en stor Vejrmølle sjælden er mere end 100 Kvm. Potosi overgaar da ogsaa i denne Henseende alle andre Skibe, selv en amerikansk Staalskonnert, der har 7 Master og adskilligt større Ladeevne end Potosi.

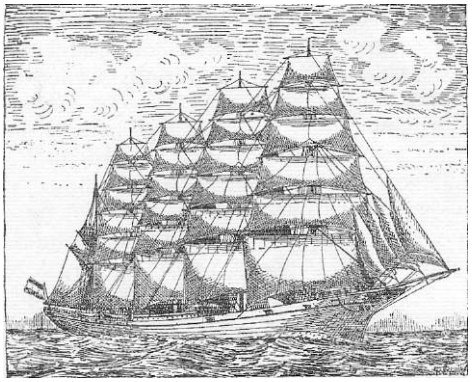


Fig. 213. Femmasteren Potosi.

Inden vi gaar over til at omtale Dampkraftens Indførelse paa Søen og den derved foraarsagede Omvæltning indenfor Skibsfarten, skal vi først betragte Udviklingen paa et Omraade, der er af ikke mindre Vigtighed for Søfarten end, hvad der vedrører Drivkraften, nemlig Udviklingen af de Midler, der gør det muligt at finde Vej og at sejle trygt paa Søen.

Det var rimeligvis paa Floderne, at Skibsfarten begyndte, og her dannede Floden i Reglen selv en aaben Vej, som man ikke kunde tage Fejl af; selv efter at man var begyndt at sejle paa det aabne Vand, varede det sikkert længe, inden man med sin gode Vilje fjærnede sig ret langt fra Kysten. Hele Oldtiden igennem og langt længere frem i Tiden var det i Virkeligheden yderst tarvelige Midler, den søfarende havde til at finde Vej, naar han var kommet saa langt ud paa Havet eller bort fra kendte Egne, at han ikke havde Landkending. I stjærneklare Nætter gav Polarstjærnen, der altid stod mod Nord, ham hurtig og paalidelig Underretning om Verdenshjørnernes Beliggenhed; om Dagen kunde Solen nogenlunde give ham Besked derom, i alt Fald naar han vidste, hvorledes Solen bevægede sig over Himlen paa forskellige Aarstider; han kunde da af Solens Højde over Horisonten slutte sig til, i hvilken Verdensretning den stod; rimeligvis brugte Sømændene allerede meget tidligt et simpelt Instrument — en Gnomon —, som viste Skyggelængden af en lodret Pind, og denne Længde afhænger alene af Solhøjden. Men disse Midler svigtede, saa snart Himlen var overtrukket, og selv naar man

ved deres Hjælp kunde bestemme og fastholde Kursens Retning, var det vistnok kun ved et ganske løst Skøn, man kunde afgøre, hvor lang en Vej, man tilbagelagde i denne Retning.

Paa længere Rejser kunde den erfarne Sømand af Stjærnernes Stilling nok slutte sig til, hvor meget han i det hele var kommet nordligere eller sydligere end sit Udgangspunkt; jo længere man kommer mod Nord, des højere staar nemlig Polarstjærnen over Horisonten. Men hvor langt han var kommet mod Øst eller Vest, derom kunde han i ukendte Egne kun danne sig en usikker Forestilling ved at tage Hensyn til Rejsens Varighed og Vindens Beskaffenhed under Rejsen.

Under disse Omstændigheder er det saa meget mere beundringsværdigt, at Oldtidens Folkeslag og da fremfor alle Fønikkerne foretog lange Sørejser. Omtrent 600 f. Kr. udførte fønikiske Skibe, der var udsendt af den ægyptiske Konge Neko, endog en Afrikaomsejling. Denne Bedrift var dog vist ogsaa enestaaende i Oldtidens Søfartshistorie, og først efter mere end to Aartusinder udførte portugisiske og spanske Søfarere atter denne og ligesaa udstrakte Langfarter.

Inden dette skete, havde Sømanden imidlertid faaet en paalidelig Fører, der altid var rede til at vise ham, hvor Nord var, og ikke som Solen og Stjærnerne svigtede, fordi Himlen skjultes af Skyer. Denne Fører var Kompasset.

I det gamle Grækenland vidste man vel, at visse Slags Sten (Jærnmalme) havde Evne til at tiltrække Jærn og tillige kunde overføre denne Evne til Jærn; »Magnetstenen« er den tiltrækkende Jærnmalm senere blevet kaldt, rimeligvis, fordi der fandtes meget af den ved Magnesia i Lilleasien. At et Stykke Magnetsten, naar det anbringes frit drejeligt, altid vil vende en bestemt Side mod Nord, vidste Grækerne derimod ikke; men denne Opdagelse er blevet gjort og udnyttet adskilligt før — ja, efter kinesiske Sagn endog Aartusinder før — vor Tidsregnings Begyndelse af Kineserne, der ogsaa vidste, at en frit drejelig Naal af haardt Jærn (Staal) efter at være strøget med en Magnetsten stadig vilde stille sig omtrent i Retning Nord-Syd; de kaldte en saadan Retningsnaal »Sydviseren«, medens vi med ligesaa megen Ret siger, at Naalen viser os Nordretningen. Sydviseren anvendtes tidligst ikke paa Skibe, men paa Vogne; ofte anbragtes Retningsnaalen — elier maaske blot et Stykke Magnetsten — i Armen paa en let menneskelig Figur, der var opstillet frit drejelig foran paa Vognen; Haanden pegede da, naar Naalen var anbragt paa rette Maade, stadig

Fig. 214. Japansk Vogn med Svdviser.

mod Syd og kunde saaledes vise Vej under. Rejser gennem det kinesiske Riges store vejløse Strækninger. Fig. 214 viser en saadan magnetisk Vogn, der dog ikke er fra Kina, men fra Japan.

Rimeligvis indførte Kineserne først senere Retningsnaalen paa deres Skibe, men ogsaa i denne Henseende har de sikkert gaaet i Spidsen; fra dem forplantede dens Anvendelse sig saa efterhaanden til Vestasien og naaede derfra til Evropa, idet rimeligvis Araberne her som ved saa mange andre østasiatiske Opfindelser har tjent som Mellemled. I tidligere Tid nævntes Italieneren Flavio Gioja, der levede i det 14. Aarhundrede, ofte som Kompassets Opfinder; men dette kan altsaa i hvert Fald ikke være rigtigt. I det højeste kan han have indført Forbedringer i Kompassets Indretning eller maaske blot virket for dets Indførelse i italienske Skibe; men nyere Undersøgelser gør det endogsaa sandsynligt, at han aldrig har levet, saa at det altsaa ikke er Kompasset, men Flavio Gioja selv, der er en italiensk Opfindelse.

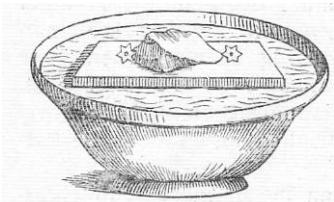


Fig. 215. En retningsvisende Magnetsten.

Det ældste evropæiske Skibskompas bestod blot af en Magnetnaal fæstet paa et Stykke Kork, der svømmede i et Fad Vand. Fig. 215 viser et saadant Kompas, hvor der dog i Stedet for en magnetisk Staalnaal er brugt et Stykke Magnetsten, hvis Nord- og Sydender er angivet ved to Stjærner; Billedet er fra 1646. Allerede i en Bog fra Aar 1600 af Englænderen Gilbert findes imidlertid et Billede (Fig. 216) af et Kompas, der var indrettet paa lignende Maade som Nutidens. Magnetnaalen har i Midten et Hul, der overhvælves af en lille Hætte, og idet dennes Loft hviler paa en Spids, kan Naalen dreje sig frit uden at være tilbøjelig til at vippe af Spidsen; til Naalens Overside er fastgjort en let Skive, »Kompasrosen«, som skjuler selve Naalen, men over dennes Nordende er der paa Rosen tegnet en »Lilje« saaledes som den findes i den gamle franske Kongefamilies Vaaben. Rosen har tillige en 8-Stjærne med Spidserne

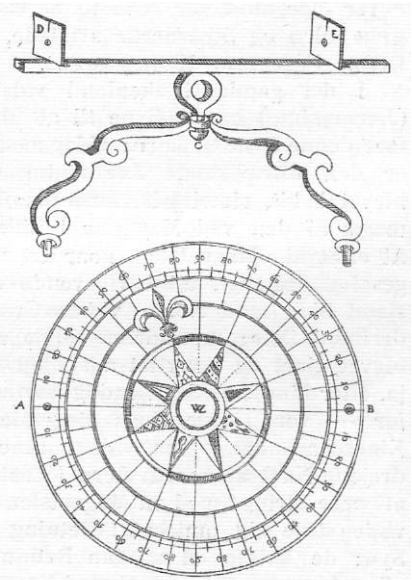


Fig. 216. Gilberts Kompas.

pegende mod Nord, Nordøst, Øst, Sydøst o. s. v.; paa Kredse længere ude paa Skiven findes 16 og 32 Inddelinger.

Gilberts Kompas er et »Pejlkompas«; en bevægelig inddelt Ring kan drejes udenom Kompasskiven uafhængigt af denne; paa Ringen befæstes det øverst paa Fig. 216 viste Sigteapparat, idet dets to Tapper sættes ned i Hullerne paa Ringen ved A og *B*. Retter man Sigtet mod et eller andet Maal, f. Eks. et Kirketaarn inde i Landet, kan man paa Ringen aflæse Sigtets Afvigelse fra Nord. Dersom Sømanden med saa kort Tidsmellemrum, at Skibet ikke har flyttet sig noget videre, paa denne Maade bestemmer Retningen af Linjer mellem to kendte paa et Kort afsatte Landmærker og Skibet, kan han ved at tegne disse Linjer paa Kortet ud fra Landmærkerne, finde Skibets Plads, da det maa befinde sig, hvor Linjerne skærer hinanden.

Fig. 217 viser et nyere Kompas. De to Tapper, der stikker frem fra den yderste Ring, anbringes i Tappelejer i et fast Stativ paa Skibet; det egentlige Kompas (Kompasdaasen) har to Tapper, der hviler i Tappelejer i Ringen; idet Forbindelseslinjen mellem det ene Par Tapper er vinkelret paa Forbindelseslinjen mellem det andet Par, og Kompasdaasen tillige er tung i Bunden, vil Kompasset beholde sin vandrette Stilling, selv om Skibet slingrer. Denne Ophængningsmaade, der ogsaa anvendes ved Lamper m. m. paa et **SKID** Kaicies den cardanske Ophængning efter Italieneren Cardano (1501—1576). Det afbildede Kompas er et »Styrekompas«; paa Indersiden af det Metalhylster, hvori Kompasskiven drejer sig, er der trukket to sorte lodrette Streger (hvoraf den ene ses paa Fig. 217) lige overfor hinanden og lige indenfor det ene Par Tapper i den cardanske Ophængning. Kompasset anbringes paa Skibet saaledes, at disse to Streger, Styrestregerne, angiver Skibets Længderetning; det kan da ligefrem aflæses paa Kompasrosen, mod hvilket Verdenshjørne Skibet vender.

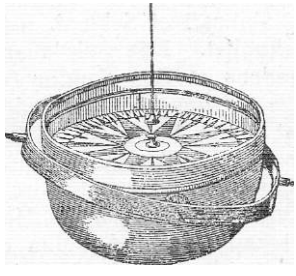


Fig. 217. Et Skibskompas af ny Konstruktion.

En lodret Pind, som ses paa Billedet, kaster en Skyggelinje hen over Kompasskiven og angiver saaledes Solretningen.

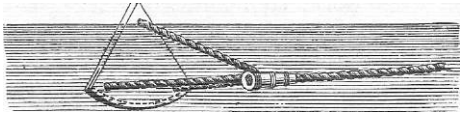


Fig. 218. Logflynder under Logningen.

Vistnok længe efter at det ved Indførelsen af Kompasset var blevet muligt til enhver Tid at bestemme et Skibs Bevægelsesretning, indførte man den saakaldte Log, ved hvilken man ogsaa kunde finde den Fart, hvormed Skibet bevægede sig. Loggen skal dog allerede være anvendt af Magellan, da han udførte den første Jordomsejling (c. 1520).

Ved Logningen udkastes fra Skibet en Træplade, »Logflynderen«, hvis Form ses af Fig. 218: den har 3 Kanler, af hvilken den ene er buet og beslaaet med Bly; i Vinkelspidsen lige overfor Buen er fastgjort et Reb, Loglinen, som fører fra Flynderen ind til Skibet; fra Vinkelspidserne ved Buens Ender fører to smaa Stykker Reb hen til et lille Hylster, der, inden Loggen udkastes, trykkes fast ind paa en Pind, som sidder paa Loglinen. Naar nu Loglinen er anbragt saaledes, at den let løber af Skibet og altsaa ikke trækker den udkastede Flynder med i Skibets Revægelse, vil Flynderen paa Grund af Buens Blyvægt og de tre Liners Stilling stille sig lodret med Buen nedad, og Vandet gør da saa megen Modstand mod Flynderens Bevægelse, at den omtrent bliver staaende paa samme Sted. Hvis dette nøjagtigt var Tilfældet, vilde den Længde af Loglinen, der løb af Skibet i et Sekund, netop angive, hvor langt Skibet gik frem i Sekundet. I Praksis maaler man, hvor megen Line der løber af, medens et lille Sandur (se S. 204 Fig. 173), Logglasset, løber ud. Paa Loglinen er der med bestemte Mellemrum anbragt Mærker; naar det første Mærke paa Linen forlader den loggende Matroses Haand, vendes Logglasset. Naar det er udløbet, klemmer Matrosens Haand Snoren fast, og ved et rask Ryk i Linen rives det før omtalte lille Hylster under Vandets Modstand af Pinden paa Loggen, saa at den let kan hales ind. Man optæller da hvor mange Mærker der er løbet ud. Logglasset er i Reglen indrettet til at løbe ud i 28 Sekunder, og Mærkerne paa Linen deler denne i Stykker, de saakaldte Knob, hvis Længde er saaledes afpasset, at det Antal Knob, der gaar over Bord i de 28 Sekunder, netop angiver det Antal Kvartmil, Skibet gaar frem i Timen; det er herved taget med i Beregning, at Logflynderen i Virkeligheden ikke staar helt stille. Ved en Kvartmil forstaas her en Fjerdedel af en geografisk Mil, der er lidt mindre end en dansk Mil; Kvartmilen er 1852 Meter.

Der er i nyere Tid konstrueret Instrumenter, som selv optegner Skibets Fart, naar de trækkes efter det i en ikke afløbende Line. Disse »Patentlogger« bærer i Reglen nogle Skrueblade paa en Aksel, som ved Vandets Tryk mod Skruebladene, drejes des hurtigere rundt, jo hurtigere Skibet sejler. Ved de ældste Patentlogger var der nede i Vandet ved Loggen anbragt et Tælleværk, som sattes i Bevægelse af Akslen; naar man halede Loggen op, kunde man da paa Tælleværkets Visere se, hvor mange Omdrejninger Loggen havde gjort siden Udkastningen. Nyere Patentlogger er indrettet saaledes, at Loggen under sin Omdrejning bringer hele Loglinen til at dreje sig om sig selv, og den bevæger da et Tælleværk, som er anbragt oppe paa Skibets Ræling; ved dette Tælleværk kan man da finde den af Skibet tilbagelagte Vej, idet det paa et længere Stykke Vej ikke har noget at betyde, om Snoren er nøjagtig ligesaa stærkt snoet ved Slutningen som ved Begyndelsen. Dette er jo adskilligt nemmere end den gammeldags Logning, men navnlig naar Farten er ringe, er denne paalideligere, og den anvendes derfor stadig paa de fleste Sejlskibe.

Inden et Skib taber Landet af Syne, kan dets Plads som ovenfor nævnt bestemmes og indføres paa Kortet ved Pejling til kendte Landmærker. Naar man derefter stadig ved Kompas og Log bestemmer Skibets Bevægelsesretning og Hastighed, kan den Vej, det tilbagelægger, efterhaanden indføres paa Kortet. Men der kan af flere Grunde blive Fejl i disse Bestemmelser, og Fejlene vokser, alt som Skibet fjærner sig fra Udgangspunktet. Loggen giver vel Farten i Forhold til Vandet; men hvis Havstrømninger fører Skibet og alt Vandet omkring det af Sted med en vis Fart, er denne Forskydning ikke med i Loggens Angivelse. Desuden viser Kompasset kun den virkelige Kurs, dersom Skibet gaar frem i sin Længderetning; giver Vinden det tillige en Bevægelse til Siden (Afdrift), maa den tages med i Beregning, idet man af Kølvandets Retning bedømmer Afdriftens Størrelse. Endelig er der en Anledning til Fejl, som Kolumbus under sin første Fart over Atlanterhavet opdagede, nemlig, at Kompasnaalen paa forskellige Steder ikke peger lige mod Nord (Misvisningen), og dette maatte naturligvis ved lange Rejser volde stor Usikkerhed, inden man tik Misvisningen maalt og kortlagt paa Søkortene. Endelig kunde Jærngenstande paa Skibet bringe Kompasnaalen til at vise galt; i Nutidens Jærnskibe er det meget vanskeligt at undgaa en saadan Fejlvisning, og der indtræffer i vore Dage mangt et sørgeligt Eksempel paa, at et stort og kostbart Jærnskib gaar paa Grund, fordi det naar Land paa et helt andet Sted, end man mente at være.

Af alle disse Grunde er det ved blot nogenlunde lange Rejser nødvendigt med passende Mellemrum at finde Skibets Sted ved Iagttagelser paa Himlen. Delte kan nu ske med meget stor Nøjagtighed, fordi Sømanden nu har meget fuldkomne Hjælpemidler til dette Brug. Til disse hører Kronometer, astronomiske Instrumenter, navnlig den saakaldte Spejlsekstant, samt astronomiske Tabeller (Nav tisk Almanak). Naar Himlen er klar, kan Sømanden ved Hjælp heraf bestemme sin »Bredde« (Afstand fra Ækvator) og »Længde« (Afstand Øst eller Vest for Greenwich ved London).

Med Sekstanten maaler han ved Middagstid Solens Højde over Synskredsen. Tabellerne viser, hvor stor Solens Middagshøjde samme Dag er ved Ækvator; af Forskellen mellem de to Højder kan han udregne, hvor meget han er Nord for Ækvator (Bredden). Er Himlen overskyet om Middagen, kan han 0111 Natten maale Højden af en Stjærne, som passerer over Middagslinjen (Sydlinjen).

Længdebestemmelsen derimod beror paa den Omstændighed, at jo længere et Sted ligger mod Vest, des senere kommer Solen dertil under sin tilsyneladende daglige Vandring fra Øst mod Vest; det bliver altsaa f. Eks. senere Middag paa et vestligere end paa et østligere Sted. Det gælder altsaa kun om at bestemme, hvor meget Klokken er mere eller mindre end i Greenwich. Hvad Klokken er paa det sidste Sted, kan ses paa Kronometret. Hvad Klokken er der, hvor Sømanden befinder sig, kunde han f. Eks. finde ved at iagttage, naar Solen kommer højest paa Himlen; men da Solhøjden

netop ved Middagstid temmelig længe holder sig næsten uforandret, kan Tidspunktet for den største Højde ikke bestemmes nøjagtigt nok. I Stedet for maaler han i Virkeligheden Solhøjden et eller andet Øjeblik midt paa Formiddagen, da Højden forandrer sig fra Øjeblik til Øjeblik, og kan saa ved Tabeller og Udregninger finde Klokkeslettet. — Det engelske Parlament havde for c. 2 Aarhundreder siden' udsat en Pris paa 360,000 Kr. for den, der kunde finde Midler til nogenlunde sikre Længdebestemmelser paa Søen, og Halvdelen af denne Pris blev 1765 tilkendt Harrison for hans Forbedringer af Ure med Uro (se S. 210). Pendulure kan selvfølgelig ikke bruges som Skibsure.

Selv et godt Kronometer kan naturligvis ikke blive ved at gaa rigtigt i ubegrænset Tid. Skibsurets Angivelse bliver derfor kontrolleret i hver Havn, hvor der er Lejlighed til det. Men ogsaa ude paa Havet kan Sømanden af og til kontrollere sit Ur ved at iagttage en Begivenhed paa Himlen, som ses samtidig paa alle de Steder af Jorden, hvor den overhovedet kan iagttages; allerede i Oldtiden gjorde den græske Astronom Hipparch opmærksom paa, at en Maaneformørkelses Indtræden er en saadan Begivenhed, som gør det muligt at bruge Himmelhvælvingen som et Verdensur, ved hvilket man f. Eks. kunde stille Urene i Rom efter Aleksandrias Tid og omvendt. Imidlertid kan Iagttagelse af Maanens Stilling mellem Stjærnerne benyttes paa lignende Maade, og nu til Dags angives i Navtisk Almanak Maanens Afstand fra visse Stjærner paa bestemte Klokkeslet efter Greenwich Tid. Som Kontrol for Kronometret bruges ogsaa det Øjeblik, da en af Jupiters 4 Drabanter træder ind i eller ud af dens Skygge, et Øjeblik, der kan iagttages allerede med en middelmaadig Kikkert, medens Navtisk Almanak har Fortegnelse over, hvad Klokken da er i Greenwich. — I vore Dage er saaledes selv Polarfareren, som flere Aar i Træk færdes i ukendte Egne, i Stand til stadig med stor Nøjagtighed at afgøre, paa hvilket Punkt af Jordkloden hans Skib befinder sig.

Man kunde maaske synes, at ude paa det aabne Hav, maatte Søfareren altid foretrække den korteste Vej mellem to Steder; men naar han bruger Vinden til Fremdrift, hjælper det ham kun lidt, at Vejen er kort, hvis Vinden til Gengæld er ugunstig, og da der nu er Egne, hvor Vinden hele Aaret eller paa bestemte Aarstider altid eller hyppigst blæser i en bestemt Retning, er det let forstaaeligt, at det kan betale sig at gøre en stor Omvej for at komme ind i en Egn med gunstig Vind eller undgaa en Egn, hvor man med større eller mindre Sikkerhed maa gøre Regning paa, at man vil faa Vinden imod. De saakaldte Passatvinde, som i det hede Bælte stadig blæser i samme Retning, lærte Søfareren allerede at kende og regne med paa Kolumbus' Tid. Men i det 19. Aarhundrede tog Amerikaneren Maury (1808—73) fat paa et kæmpemæssigt Arbejde med det Formaal at skaffe den søfarende Oplysning om de til forskellige Aarstider herskende Vinde i alle Egne af Verdenshavene. Han samlede et uhyre Materiale fra Tusinder af Skibes Dagbøger under Rejser

(Logbøgerne), og udarbejdede derefter Planer for de Veje, Sejlskibe vilde have mest Fordel af at følge ved Rejser mellem forskellige Lande. Maurv søgte at fremskaffe Oplysninger ikke blot om de herskende Vindforhold, men ogsaa om Havstrømninger, Dybdeforhold, Kompasnaalens Afvigelse fra Nord m. m. for alle befarede Farvande, og han vidste at skabe Interesse for denne Sag hos Søfarende af alle Nationer, saa at han kunde faa et storslaaet Samarbejde i Gang, maaske det mest omfattende, der overhovedet er udført paa Jorden. I vore Dage fortsættes Arbejdet paa at lære alle Havets fysiske og kemiske Forhold grundigt at kende ikke blot af Hensyn til Søfartens, men ogsaa af Hensyn til Fiskeriets Interesser foruden af rent videnskabelige Grunde. Maurys Arbejde og dets Fortsættelse staar desuden i nær Sammenhæng med det meteorologiske Arbejde, som udføres af Vejrstationer i Land, og som paa forskellig Maade kommer Søfarten til Nytte, f. Eks. ved Stormvarsler, som ofte kan bringe et Skib til at undgaa Farer.

Den Sætning, at den korteste Vej ikke altid er den bedste, gælder naturligvis i endnu højere Grad end ude paa det aabne Hav inde ved Kysterne, hvor der kan findes Grunde eller undersøiske Skær, og hvor de Farer, der truer Skibet i det hele taget er langt større og mangfoldigere.

Rimeligvis har man allerede i meget gammel Tid for at undersøge om Skibet nærmede sig til en Grund anvendt en Line med et tungt Lod, som naar det kastedes ud sank til Bunds, men indtil det naaede Bunden, strammede Linen stærkt; af den Længde Line, der var løbet ud til dette Øjeblik, kunde man da slutte, hvor dybt Vandet var, og dersom Dybden fandtes ringere ved hvert nyt »Lodskud«, maatte man passe paa. Loddet er ogsaa nu til Dags et meget nødvendigt Skibstilbehør, og i Farvande med Sandbanker o. lgn. maa der i taaget Vejr tages Lodskud med korte Mellemrum. Ogsaa paa Steder, hvor Vandet er saa dybt, at der ingen Fare er for, at Skibet skal løbe paa Grund, udføres ofte en Lodning; ved at sammenholde dennes Resultat med Søkortets Dybdeangivelse kan man nemlig til en vis Grad kontrollere, om Skibet virkelig er der, hvor man tror. Hvor Søkortene giver Besked om Havbundens Art, hæfter man undertiden Tælle el. lgn. paa Loddet for at faa lidt Sand med op.

Ved Lodning paa dybt Vand kan Dybden vanskelig findes af Længden af den udløbne Lodlinje, der bl. a. kan føres ud af sin Retning af Strømninger under Havfladen. Den engelske Fysiker W. Thompson — nu Lord Kelvin — har imidlertid opfundet et Lod, som, naar det er taget op, selv kan vise, hvor dybt det har været nede. Loddet indeholder nemlig en Luftmasse, som sammentrykkes dés mere af Vandet, jo dybere Loddet kommer ned. Der maa saa findes en eller anden Indretning, som gør det muligt bag efter at se, hvor meget Luften har været sammenpresset. Professor K. Prytz og afdøde Kaptajn Rung har løst denne sidste Del af Opgaven paa en bedre Maade, end det var Tilfældet i W. Thompsons Loddeapparat.

Man har i nyere Tid forsøgt at anvende selvvirkende Loddeind

retninger, der trækkes med af Skibet og enten stadig angiver Dybden eller giver et Signal, naar Dybden bliver ringere end en bestemt Størrelse, Ved Svenskeren Sjøstrands »Signallod« er en Lodline af bestemt Længde forbandet med en let »Drage« af Aluminium, som boldes i en saadan skraa Stilling, at den under Skibets Bevægelse drives nedad af Vandets Modstand, saa langt Linen rækker, ganske ligesom en Papirsdrage oppe i Luften drives til Vejrs af Luftens Modstand, naar man løber med den. Naar en tung Stang, som er anbragt under Dragen, støder mod Grunden, forandres Dragens Stilling; Trækket i Linen slappes da, og derved kommer et Ringeapparat paa Skibet i Virksomhed.

Ved Farvande, der befares af mange Skibe, er der i vore Dage gjort overmaade meget for at lede Skibene paa ret Vej. Baade inde paa Land og paa grundede Steder ude paa Søen er der anbragt iøjnefaldende Mærker af forskellig Art, og deres Plads er angivet, paa omhyggeligt udarbejdede Søkort. Om Nalten søger man at gøre en Del af disse Mærker synlige ved Lygter, og navnlig har man med stort Arbejde og stort Bekostning paa særlig vigtige eller farlige Punkter bygget Fyrtaarne, der kan sende Lys langt ud over Havet.

Fyrtaarne omtales allerede i Oldtiden; ved Aleksandria i Ægypten byggede Kong Ptolemæus saaledes et c. 60 Meter højt Fyrtaarn omtrent 300 f. Kr. For at faa et kraftigt Blus maatte man ikke blot den Gang, men endnu et Par Aartusinder frem i Tiden tænde et Baal af Ved. I Norden indrettedes der for over 400 Aar siden flere saadanne Vedblus, blandt andet paa Kullen. Det brændende Træ blev i Reglen anbragt i en Jærnkurv, som kunde hejses til Vejrs. Længere hen i Tiden brugte man Kul i Stedet for Træ, og endnu saa sent som i 1838 var Anholt Fyr et saadant Kulfyr, der dog var anbragt i et Glashus.

Først ved Indførelsen af Lampeglasset og Rundbrænderen blev det muligt at konstruere nogenlunde kraftigt lysende Oljelamper til Brug i Fyrtaarne; man fandt her paa at anbringe flere cylindriske Væger af forskellig Størrelse, den ene uden om den anden, i Stedet for en enkelt som i almindelige Rundbrændere. Senere har man med større eller mindre Held søgt at udnytte mangfoldige andre Fremskridt paa Belysningens Omraade i Fyrvæsenets Tjeneste — f. Eks. det elektriske Lys, Glasglødelyset, Acetylenlyset m. m.

De store Fremskridt, der er gjort med Hensyn til Fyrtaarnets Lysvirkning, skyldes imidlertid ikke blot Forbedring af Fyrlamperne, men i ligesaa høj Grad den bedre Udnyttelse af Lyset fra dem. Fra en frit stillet Lampe vil store Mængder af Lyset til ingen Nytte straale op mod Himlen, og en anden Del træffe Fyrets allernærmeste Omgivelser, hvad der heller ikke gavner Skibene. Alt dette Lys kunde derimod gøre Gavn, naar dets Retning blev saaledes forandret, at det rettedes ud mod Havet. Franskmanden Fresnel, der ogsaa indførte den ovenfor nævnte flerdobbelte Rundbrænder, har løst denne Opgave paa en meget fuldkommen Maade, idet han uden om

Lampeflammen, noget højere og noget lavere end denne, anbragte Kredse af spejlende Glasprismer, som sendte de skraat opad- og nedadgaaende Lysstraaler ud i omtrent vandret (lidt nedadgaaende) Retning. Det er imidlertid heller slet ikke nødvendigt, at Fyrlampen hele Tiden sender Lys mod Havfladen i alle Verdensretninger; det er nemlig fuldt tilstrækkeligt, at Sømanden med passende Mellemrum faar et Lysblink fra Fyret. Det er derfor fordelagtigt ved store Glaslinser at samle Lyset fra Lampen saaledes, at det kun gaar ud i temmelig smalle Lysbundter i enkelte Retninger, hvor Lyset da bliver meget kraftigt, medens der er helt eller delvist mørkt i Mellemrummene; naar saa hele Linseapparatet drejes rundt af et Urværk strj'ger disse Lysbundter efterhaanden hele Horisonten rundt. I Stedet for enkelte Glaslinser, der maatte gøres meget tykke, naar de skulde være store nok, indførte Fresnel Linser, der var sammensat af mange Glasringe, og han opnaaede derved tillige at faa Lyset samlet paa fuldkommere Maade.

Ved Kystfyr, der ikke behøver at sende Lys til alle Sider, kan man ved Hulspejle eller Glasprismer tilbagekaste en Del af det Lys, som Lampen sender ind imod Landet. Fig. 219 viser en Fyrlanterne, der er omgivet af Prismeringe foroven og forneden og af sammensatte Linser paa Midten; hele Glashylstret drejes af et Urværk.

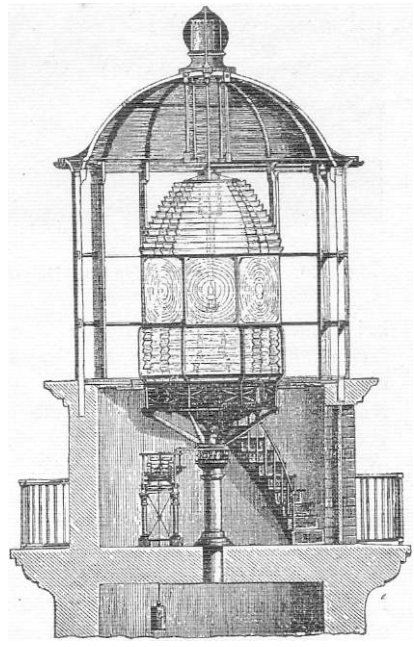


Fig. 219. Fyrlanterne,

Fyr som de her beskrevne kaldes Blinkfyr. Idet man ved forskellige Blinkfyr gør Mellemrummene mellem Blinkene ulige lange, kan Sømanden kende dem fra hinanden. Ved de nyere Blinkfyr gør man i Reglen de enkelte Lysbundter meget smalle og drejer tillige Linseapparatet hurtigt rundt, saa at de enkelte Blink, som Sømanden opfanger, kun varer en Brøkdel af et Sekund; man kalder da Fyret et Lynfyr. I Danmark indrettedes for c. 15 Aar siden ved Hanstholmen et Lynfyr med et elektrisk Buelys af c. 7000 Normallys' Styrke; i Lysbundterne var Lyset imidlertid saa stærkt samlet, at det gav en Lysvirkning ude paa Havet som fra c. 10 Millioner Normallys. Denne Lysvirkning er saa stærk, at det Skær, den frembringer i Luften ved at oplyse fint, svævende Støv eller Taagepar-

lilder, kan ses i Norge langt over 100 Kilometer fra Hanstholmen, skønt selve Fyret her er skjult af Jordens Runding.

Paa Helgoland er der nylig indrettet et elektrisk Lynfyr, ved hvilket der slet ikke benyttes Linser. De 3 smalle Lysbundter, som ses paa Fig. 220, udgaar fra 3 elektriske Lysbuer, bag hvilke der er anbragt store Spejle af forsølvet Glas og en saadan hul Form (Parabelform), at alt Lyset sendes ud i en bestemt Retning. Hele Apparatet med de 3 Lyskastere drejes 4 Gange rundt i Minuttet, saa at der bliver 5 Sekunders Mellemrum mellem de enkelte Blink. Hvert af dem varer kun $^1/_{10}$ Sekund, men Lysstyrken angives til over 30 Millioner Normallys. Maaske er dette den stærkete Lysvirkning, som er naaet ved noget Fyr.

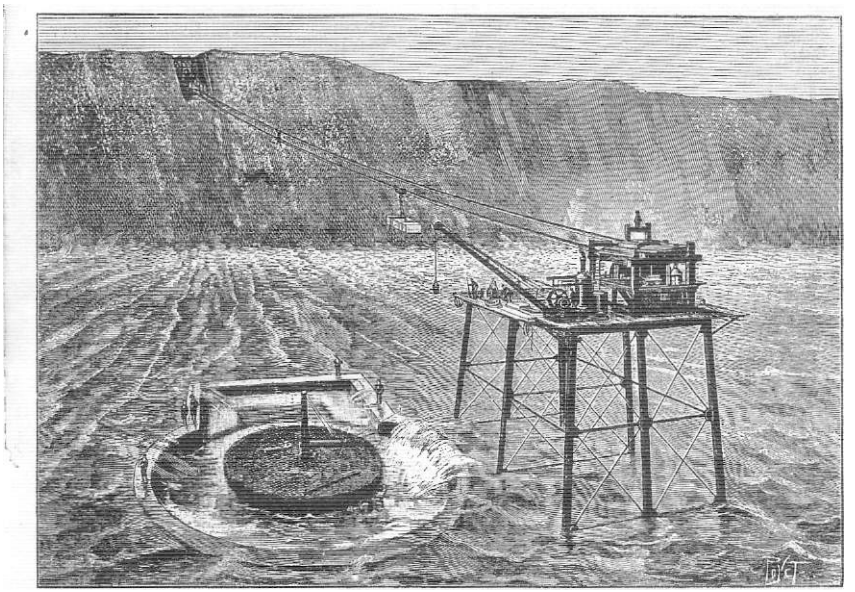
Fig, 220. Elektrisk Lynfyr paa Helgoland.

Mange Steder har det været nødvendigt at bygge Fyrtaarne ude i Havet paa Grunde eller Klipper, der overskylles af Havet, og Tilførslen og Anbringelsen af Materialierne har da ofte været yderst vanskelig og farlig. Fig. 221 viser, hvorledes man bar sig ad ved Opførelsen af et Fyrtaarn, som for faa Aar siden blev bygget ved Beachy Head i Nærheden af Portsmouth ved Englands Sydkyst. Ude ved Byggegrunden opførtes først et Stillads, hvor der opstilledes en Dampkran m. m.. Stilladset blev forbundet med Kystens nærmeste Klippe ved to stærke Tove af c. 250 Meters Længde, og ved Hjælp af disse Tove førtes baade Arbejdere og Bvggematerialier, deriblandt Granitblokke af 4 Tons Vægt, gennem Luften ud til Byggepladsen.

I Taage og Regntykning strækker selv de kraftigste Fyr ikke til. I Stedet for Lyssignaler maa man tage sin Tilflugt til Lydsignaler som Klokke- eller Fløjtetoner, Kanonskud og i nyere Tid navnlig til Sirenen; dennes gennemtrængende Brøl kommer fra store Horn, ind i hvilke der presses en Luftstrøm fra en Luftpumpe, som ofte drives af en Dampmaskine.

Ved Lydsignaler er der imidlertid den slemme Mangel, at man vanskelig sikkert kan afgøre, fra hvilken Retning de kommer, Trods alle Sikkerhedsforanstaltninger sker der derfor endnu mange Søulykker i taaget Vejr, navnlig Skibssammenstød ude paa Søen, men ogsaa Strandinger inde ved Kysterne.

Ogsaa de Redningsmidler man liar, naar Ulykken indtræder, lader endnu meget tilbage at ønske, omend der navnlig inde ved Kysterne er gjort store Fremskridt i denne Henseende. Den Tid ligger ikke saa mange Aarhundreder tilbage, da den skibbrudne, som reddede sig i Land paa en fremmed Kyst, maatte være forberedt paa, at Beboerne betragtede alt, hvad de kunde bjærge af hans Gods, som deres lovmæssige Ejendom, og han kunde ikke en Gang betragte sit Liv som sikkert. I vore Dage derimod findes der paa mange farlige Kyster — som Jyllands Vestkyst f. Eks. — et ordnet Redningsvæsen, som er rede til gøre alt for at redde de strandede.



Fig, 221. Bygning af et Fyrtaarn.

Er det ikke muligt at naa ud til det strandede Skib med Redningsbaade, søger man ved Raketter at kaste en tynd Line ud til det; ved denne kan de skibbrudne hale en tyk Trosse m. m. ud og fastgøre den paa Skibet, hvorefter en »Redningsstol« kan hales frem og tilbage mellem Skib og Land og eflerhaanden bringe alle i Land. — I Løbet af sidste Halvdel af forrige Aarhundrede er over 20 000 skibbrudne blevet reddet og noget over 1000 omkommet ved Strandinger paa Jyllands Kyster.

Vi vender herefter tilbage til Spørgsmaalet om Skibes Fremdrift paa Søen og skal foreløbig dvæle lidt ved det store Fremskridt, som kan betegnes ved Ordene Dampskibets Opfindelse.

Allerede i Oldtiden havde man gjort Forsøg paa ved andre Midler

end Roning at gøre et Skib uafhængigt af Vinden. Romerne havde saaledes bygget Skibe, der blev drevet frem ved Omdrejning af en Aksel med store Skovle: idet kun de nederste Skovle paa et saadant Skovlhjul dykker ned i Vandet, virker de under Omdrejningen paa Vandet som en Række store Åareblade, der efterhaanden føres gennem det. Da Akslens Omdrejning kan besørges af Trækdyr, bliver det ved Skovlhjulenes Hjælp muligt at benytte Dyrs Arbejdskraft til Fremdriften i Stedet for Menneskers. Men da Trækdyr ikke godt kunde gøre Tjeneste paa et Skib, naar Søen var urolig, var det kun i meget ringe Omfang, man paa denne Maade kunde drage Nytte af Skovlhjulet.

Allerede i Midten af det 16. Aarhundrede gjorde den spanske Skibskaptajn Garay som omtalt S. 9 et Forsøg paa at drive et Skib frem ved Dampkraft. Senere søgte Papin (S. 10) at bygge en Dampbaad, og i Løbet af det 18. Aarhundrede var der en hel Række af Opfindere, som satte Arbejde — eller endog Formue og Liv — ind paa denne Sag. De første som Jonathan Hull i England og Jouffroy i Frankrig benyttede Newcomens Maskine, de senere kunde drage Nytte af de store Forbedringer, James Watt indførte. Det var langt fra alle Opfinderne, der lod Dampmaskinen virke paa Skovlhjul. Jouffroy gav sin første Baad en Slags Svømmefødder, der klappede sammen, naar de førtes fremad, men foldedes ud, naar Dampmaskinen drev dem bagud. Amerikaneren Fitch byggede en Dampbaad med Aarer, som førtes tilbage under Vandet, frem over Vandet. En anden Amerikaner Rumsey pumpede ved Dampkraft Vand ind i Baaden ved Forenden og drev det i en kraftig Straale bagud og gav paa denne Maade Baaden Fart fremad.

Skønt flere af de i det 18. Aarhundrede byggede Dampbaade udførte ret tilfredsstillende Prøveture, var det først i Begyndelsen af det følgende Aarhundrede, at Opgaven blev løst paa en virkelig praktisk Maade. Det var Amerikaneren Fulton, som førte Sagen frem til Sejr.

Robert Fulton (1765-—1815) var oprindelig Maler og har aabenbart ikke været uden Talent i denne Retning; allerede i en Alder af 17 Aar kunde han ernære sig og sin Moder ved sin Kunst, ja han tjente endog saa godt, at han kunde købe en lille Landejendom til sin Moder. For at uddanne sig videre rejste han 1786 til England; men her opgav han Malerkunsten og kastede sig over Studiet af Fysik og Teknik, medens han ernærede sig ved Maskintegning. Fra 1790 til 1804 færdedes han dels i England dels i Frankrig og forelagde de to Landes Regeringer Planer til Kanalanlæg, Søminer og Dykkerbaade.

Blandt de Ting, han syslede med, var imidlertid ogsaa Konstruktionen af Dampbaade. Allerede i 1788 havde han drøftet Sagen sammen med Rumsey, der ogsaa var kommet til England, og 1801 deltog han i Skotland i en vellykket Prøvefart med en Hjulbaad, som en Ingeniør Symington havde bygge!, og hvis Hjul blev drevet

af en dobbeltvirkende Dampmaskine. Desuden studerede han alle de tidligere Forslag, der var fremkommet til Bygning af Dampbaade. Med Understøttelse af den amerikanske Gesandt i Paris, Robert Livingstone, fik han selv bygget en Hjuldampbaad, der var c. 30 Meter lang og godt 3 M. bred; den udførte 1803 paa Seinefloden en Prøvefart som faldt heldigt ud; Baaden gik imod Strømmen »saa hurtigt at en Fodgænger paa Land næppe kunde følge den«, som det hedder i en samtidig Beretning. Men Napoleon, der havde interesseret sig en Del for Fultons tidligere Planer, vilde ikke have med denne Sag at gøre, og Fulton rejste da til Amerika, hvor Livingstone havde banet Vej for ham ved at sende De forenede Staters Kongres en Beretning om de vellykkede Forsøg i Frankrig.

Fulton fik da ogsaa skaffet Midler til Bygning af en ny Baad. Han lavede selv alle Tegninger til dens Maskine, men lod den efter disse Tegninger udføre i Verdens bedste Maskinværksted, nemlig hos Watt og Boulton i Soho (S. 17); herfra blev den saa sendt over Atlanterhavet til New York under Ledsagelse af kyndige Maskinarbejdere, der skulde stille den op. I Sommeren 1807 blev den indlagt i en stærk Baad, 50 Meter lang og 5 M. bred. Fig. 222 viser Maskineriet i »Clermont«, som Baaden kaldtes; der er to Cylindre, hvis Stempler virker paa hver sin Balance eller Vippe, og Balancerne trækker atter Skovlhjulene ved Plejlstang og Krumtap (S. 16)

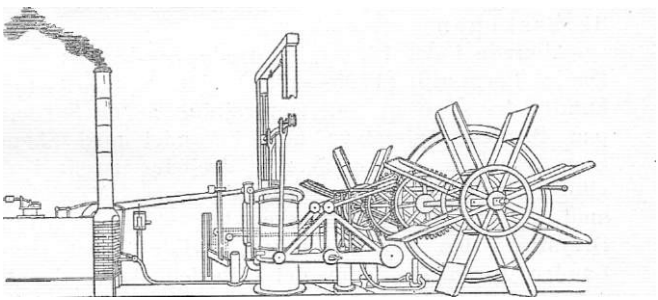


Fig. 222. Maskineriet i Fultons Damper »Clermont«.

Den 7. August 1807 foretog »Clermont« sin første Prøvefart. Det fortælles, at store Menneskemasser havde samlet sig for at se, hvorledes det vilde gaa den halvgale Mand, der vilde drive sit Skib frem med Ild og Damp. Skibet satte sig virkelig i Bevægelse, men gik kun et lille Stykke frem, saa gik det i Staa under Mængdens Latter og Spot; Fulton fik imidlertid hurtigt rettet den lille Fejl, der var Aarsag til Uheldet, og da s Clermont« med voksende Fart gled frem i Vandet, forvandledes Tilskuernes Haanlatter til Jubel. Baaden gik .faa Dage efter op ad Hudsonfloden fra New Yok til Albany og tilbagelagde den c. 270 Kilometer lange Vej i 32 Timer, altsaa noget mere end en Mil i Timen. Siden gik Clermont i regelmæssig Fart mellem de to Byer, og dermed var Dampsejladsen traadt i det praktiske Livs Tjeneste.

I Løbet af faa Aar kom der Hjuldampere i Gang paa adskillige nordamerikanske Floder, og disse Dampere fik en uberegnelig Betydning for Udviklingen af store Dele af De forenede Stater. Men ellers gik det kun langsomt med Dampsejladsens Udbredelse. I England kom der først i 1812 en Dampbaad i regelmæssig Fart, og der gik endnu 4 Aar, inden en Damper vovede at foretage en saa lang Rejse i rum Sø som over Kanalen mellem England og Frankrig. Danmark fik 1819 sin første Damper »Caledonia«, der gik som Postskib mellem København og Kiel.

Damperne brugtes længe væsentlig kun i rolige Vande, navnlig til Flod- og Kystfart. Ganske vist gik i 1819 en amerikansk Damper »Savannah« over Atlanterhavet, men den var baade Sejl- og Dampskib, og Vinden har i hvert Fald ydet en betydelig Del af Drivkraften under den 26 Dages Sejlads. Den Tids smaa Dampere vilde vel daarligt nok kunne føre tilstrækkeligt Kul med til en saadan Langfart. Desuden var Hjuldamperne i Virkeligheden ikke godt egnede til at gaa i høj Sø, fordi enhver Krængning af Skibet bevirker, at det ene Hjul løftes op, medens del andet gaar for dybt i Vandet. Et stort Fremskridt i Dampernes Sødyglighed fandt Sted ved Indførelsen af Skibsskruen.

Allerede i det 18. Aarhundrede havde den franske Matematiker Daniel Bernouilli (1700—1782) gjort opmærksom paa, at en Baad kunde drives frem ved Omdrejning af en Skrue, der var anbragt paa Baadens Agterstavn nede i Vandet med Skrueaksen i Baadens Længderetning. Naar Skruen drejedes rundt i den ene Retning, vilde den saa at sige skrue sig frem i Vandet og trække Baaden med sig, ligesom en Proptrækker skruer sig ind i Korken; ved Drejning i den modsatte Retning, vilde Skruen gaa tilbage og skyde Baaden foran sig, som det i Reglen sker. Ganske vist kan Vanddelene frit forskyde sig mellem hverandre og følge Skruens Bevægelse, naar denne er langsom, mon en vis Modstand gør de dog derimod, og bliver Skruens Bevægelse hurtig, kan denne Modstand blive meget betydelig, saa at Vandet delvis forholder sig som et fast Legeme. Paa Nutidens Skibsskrue (Propeller), der dannes af 2, 3 eller 4 temmelig flade »Skrueblade«, passer Sammenligningen med en Proptrækker dog kun daarligt; man kan snarere sammenligne den med Møllevinger, dog omvendt hvad Aarsag og Virkning angaar. Ogsaa hvis Bladene virkelig havde Form som Møllevinger, vilde de. naar Akslen drejedes rundt i den rigtige Retning, føre Skibet fremad, idet samtidig en Strøm af Vand blev drevet bagud. — Fig. 223 og 224 viser en toblad^t Skrue henholdsvis set fra Siden og forfra. Af Fig. 225 ser man, hvorledes Skruen er anbragt i Skibets Bagstavn.

Efter Dampkraftens Indførelse i Skibsfarten blev der fra flere Sider gjort Forsøg paa at anvende en Skrue i Stedet for Hjul; men det var først John Ericssons Virksomhed for denne Sag, der førte til praktiske Resultater.

Ericsson (1803—89) er født i Sverrig og blev her uddannet til

militær Ingeniør, men begav sig i en ung Alder til England, hvor han arbejdede paa Konstruktionen af en Dampvogn samt af en Varmluftmaskine, der skulde drives af ophedet Luft i Stedet for af Damp og desuden i varme Lande hente Varmen umiddelbart fra Solstraalerne (se S. 30). Han havde imidlertid ikke meget Held med sig i England med disse Projekter, og bedre gik det ham ikke, da han byggede en Dampbaad med Skrue. Skønt det viste sig, at Skruen virkede udmærket, erklærede engelske Avtoriteter om Baaden »at den var falsk af Princip, fejlagtig udført, øjensynlig uden nogen som helst Værdi; at ingen forstandig Mand kunde indlade sig paa at bygge Fartøjer, beregnede paa at drives frem paa denne Maade«.

Saa gik Ericsson til Amerika, hvor hans Propeller vandt Anerkendelse. Ogsaa i England og Frankrig blev der nu bygget Skruc-

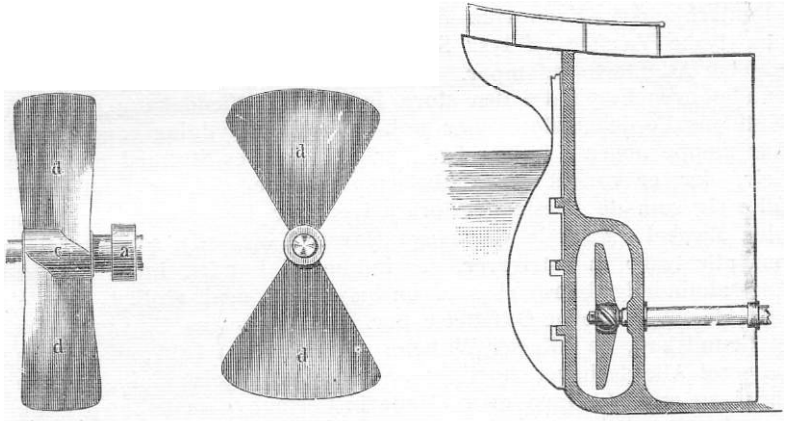


Fig. 223. Fig. 224. Fig. 225.

Dampskibsskruen set fra Siden (223), forfra (224) og anbragt paa et Skib (225).

skibe, og det varede ikke mange Aar, inden man havde faaet Øje for deres mange Fortrin ude paa Havet. Til disse Fortrin hørte blandt andet, at de bedre end Hjuldamperne med deres store Hjulkasser kunde anvende Sejl i Stedet for Damp, naar Vinden var gunstig. Samtidig Anvendelse af Damp og Sejl giver dog heller ikke ved Skrueskibe gode Resultater, og naar Skruen sættes ud af Virksomhed vil den hæmme Bevægelsen en Del. Ved Skrueskibe, der saa meget som muligt skal bruge Vindkraft i Stedet for Dampkraft (f. Eks. Krigsskibe paa Øvelsestogter), er Skruen derfor anbragt saaledes, at den kan tages op af Vandet, naar man vil gaa for Sejl.

.Skønt Amerikanerne havde været hurtigere end Englænderne til at anerkende Dampskibets praktiske Værdi, hurtigere til at sende en Damper over Oceanet og hurtigere til at tage mod Skibsskruen, blev det dog snart Englænderne, der blev Førerne med Hensyn til Dampskibsfarten ude paa Verdenshavene, ligesom dc var det paa Sejlskibs-

fartens Omraade. I 1825 prøvede Englænderne første Gang at sende en Damper til Indien, men den maatte rigtignok tage Kul ind mange Steder under Vejs og var henved 4 Maaneder om Rejsen. Efterhaanden som Skibene byggedes større, kunde de tilbagelægge længere Strækninger uden at indtage Kul; tillige fik de kraftigere Maskiner og kunde sejle hurtigere, saa at Afstandene mellem Verdensdelene, maalt i Tid, stadig er blevet mindre og mindre. I 1819 brugte Savanah som før nævnt 26 Dage til Turen over Atlanterhavet; 1838 gik »Great Western« paa $H^{1}{}^{\wedge}$ Dag fra Bristol til New York; endnu i 1850 var Overfartstiden kun naaet ned til lidt under 13 Dage; men Nutidens Oceanflyvere besørger »Færgefarten over Atlanterhavsdammen«, paa c. $5^{1}/_{3}$ Dag (fra New York til Plymouth).

Det er Tyskerne, som i de senere Aar har bygget de hurtigste Oceandampere; en hel Række Skibe »Kaiser Wilhelm der Grosse« »Deutschland«, »Kronprinz Wilhelm«, »Kaiser Wilhelm II«, byggede paa tyske Værfter af tysk Staal har vist sig hurtigere end nogen engelsk Atlanterliavsdamper. Blandt de mange Sejre, Tyskland har vundet over England i den store industrielle Væddekamp, som for Nutidens Verdenshistorie har nok saa stor Betydning som Krigene, har næppe nogen i højere Grad vakt Tyskernes Stolthed end denne Sejr, der er vundet paa Skibsfartens Omraade, hvor Englænderne følte sig som de ubestridte Førere i enhver Henseende. I England blev Mærket »Made in Germany« (lavet i Tyskland), som skal findes paa alle tyske Industrivarer, der indføres i Landet, indtil de sidste Aar almindelig betragtet som ensbetydende med »billigt og slet«; men denne overlegne Opfattelse har vel hos mangen Englænder faaet et Grundskud, da »Kaiser Wilhelm der Grosse« i 1897, efter at have passeret Atlanterhavet hurtigere end noget engelsk Skib, dampede ind i en engelsk Havn med »Made in Germany« malet med kæmpemæssige Bogstaver paa Skibssiden.

De Fremskridt, der er gjort med Hensyn til Dampskibenes Hurtighed, staar i nøjeste Forbindelse med Maskinteknikkens Udvikling. Skal en Dampers Hastighed forøges til det dobbelte, maa Maskinens Kraftudvikling og dens Kulforbrug forøges i langt stærkere Forhold. Men da nu Skibet selv skal bære baade Maskinen og det Kul, der skal nære den og alligevel have god Plads til Fragt, Gods eller Passagerer, gælder det om, at man ikke blot bygger Maskinen kraftig, men samtidig saa lille og let og saa kulbesparende som paa nogen Maade muligt. Disse Hensyn maa tages ved Konstruktionen saa vel af Kedlen som af den egentlige Maskine.

Dersom en Dampkedel af forholdsvis ringe Størrelse skal kunne udvikle store Dampmængder, maa Flammerne eller den hede Luft fra Ildstedet komme tæt til Vandet paa en stor Flade. I de almindelige Skibskedler tilvejebringes en stor »Ildpaavirkningsflade« derved, at Ildstedet anbringes helt inde i Kedlen, og at Forbrændingsprodukterne, inden de gaar op i Skorstenen, ledes gennem snævre Rør — Ildrørene eller Kedelrørene —, som findes i Vandet over

Ildstedet. Fig. 226 viser et Længdesnit gennem den cylindriske Kedel; Ildstedet, der har bølgeformede Vægge deles af Risten, paa hvilken Kullene anbringes, i en nedre Del, Askerummet, og en øvre Del, det egentlige Ildsted; fra dette gaar Forbrændingsprodukterne ind i »Forbrændingskamret« ved Kedlens Bagende og ledes ind i Kedelrørene, der ses over Ildstedet, og fra dem videre til Skorstenen; desuden ser man nogle til Afstivning tjenende Støttebolte og Staalstænger, der forbinder Kedlens Endeplader med hinanden indbyrdes og med F"orbrændingsrummet. Anvendelsen af Ildrør er opfundet af den franske Ingeniør Marc Séguin, der 1828 indlagde en Kedel med saadanne Rør i en Dampbaad; det var dog Forsøg med Lokomotivet, som førte ham til Konstruktionen af Rørkedlen, der ogsaa fandt almindelig Anvendelse i Lokomotiver tidligere end i Skibe.

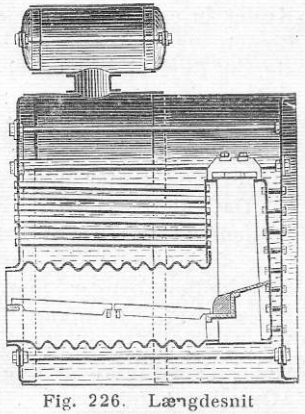


Fig. 226. Længdesnit af en Skibskedel.

I de senere Aar har man mange Sleder baade paa Landjorden og i Skibe i Stedet for Ildrørskedler indført Vandrørskedler, som hovedsagelig bestaar af en Mængde •Tærnrør af faa Centimeters Vidde; disse Rør omgives af Flammerne fra Ildstedet, og i dem kredser Vandet, der skal forvandles til Damp. Vandet i Rørene staar i Forbindelse med en noget større samlet Vandbeholdning i en langstrakt vandret Cylinder, der i Reglen er anbragt over Rørene; i den holdes Vandhøjden konstant, og fra den ledes Damp til Maskinen. Vandrørskedlerne indeholder forholdsvis meget lidt Vand og er derfor meget lette; de kan endvidere taale hojt Tryk og altsaa give højspændt Damp, der arbejder mere økonomisk end lavspændt; skulde der finde en Sprængning Sted, vil der desuden paa Grund af den ringe Vandmængde i Reglen voldes langt ringere Skade end ved en Kedelsprængning af en Ildrørskedel. Endvidere kan man ved Vandrørskedler hurtigt faa Vandet varmt og give Dampen fuldt Tryk. Dette er en stor Fordel i Krigsskibe, og særlig i de saakaldte Tor-

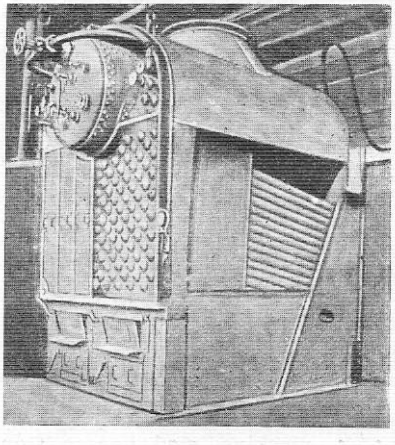
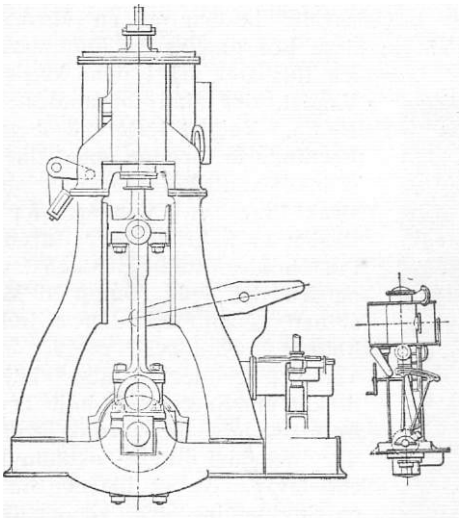


Fig. 227. En Vandrørskedel.

pedojagere (Torpedobaadsjagere), der med kort Varsel og for et kort Tidsrum skal kunne naa en voldsom Fart, er Vandrørssystemet ført til Yderlighed, idet Rørene er gjort meget snævre; tillige er de til Dels krumme, og ofte danner nogle af dem selve den Rist, hvorpaa Kullet brænder. I Torpedojagerne fremmer man desuden Forbrændingen ved at fylde hele det Rum, hvor Kedel og Ildsted befinder sig, og Fyrbøderne arbejder, med komprimeret (fortættet) Luft, hvorved der fremkommer et meget stærkt Lufttræk gennem Ildstedet. — Mærkeligt nok er det, at Romerne for et Par Aartusinder siden har brugt et Vandrørssystem; ved Udgravningerne i Pompei har man bl. a. fundet Kogekedler med Vandrørsrist.

Da Vandrørskedler i Reglen er vanskelige at rense, er det i mange af dem nødvendigt at bruge meget rent, destilleret Vand, for at der ikke skal afsætte sig faste Bestanddele i dem. Ogsaa i almindelige Skibskedler bruger man væsentlig destilleret Vand, idet man i det videst mulige Omfang føder Kedlen med det Vand, der dannes i Kondensatoren ved Dampens Fortætning. Fortætningen hidføres ikke ved Indsprøjtning af koldt Vand i Kondensatoren; men denne er en »Overfladekondensator«, hvor Dampen fortættes ved at strømme mod Messingrør, der gennemstrømmes af koldt Vand.

For at den egentlige Maskine skal kunne udnytte den Varme, Dampen fører med sig fra Kedlen, saa fuldstændigt som muligt, lader man i de fleste større Skibe Dampen passere 2, 3 eller endog 4 Cylindre efter hinanden, inden den gaar ned i Fortætteren; den første Cylinder er den mindste, men her er Dampens Tryk højest; den sidste, hvor Dampens Tryk er lavest, er den største. Skønt disse og andre Foranstaltninger, der skal forøge Økonomien, gør en moderne Skibsmaskine til et indviklet Maskineri, tager den dog langt mindre Plads op og vejer langt mindre end en ældre Skibsmaskine med ligesaa stor Kraftudfoldelse. Vedføjede Billede af to lige kraftige Maskiner byggede i 1872 og i 1902 kan give en Forestilling om, hvorledes man har forstaaet at spare Plads. Som Eksempel paa, hvor meget Maskinvægten er blevet formindsket, kan det nævnes, at



ig. 228. To Maskiner, hver paa 1000 Hestekræf-:er, den første bygget 1872, den anden 1902.

det første engelske Panserskib »Warrior« (1860) havde en Maskine paa 5400 Hestekræfter, der vejede 800 Tons, medens en af de nyere engelske Torpedojagere, »Quail«, har ligesaa stor Maskinkraft, skønt hele Skibet med Maskine og Udrustning ikke vejer mere end det halve af »Warriors« Maskine. Den store Nedgang i Maskinvægten hidrører blandt andet fra, at de enkelte Maskindele ved Anvendelsen af udmærket Staal kan gøres tynde; i Torpedojagere bores f. Eks. alle Aksler, ja endog Stempelslængerne hule.

Ved lange Rejser faar Vægten af det Kulforraad, som maa medføres, mere at sige end Maskinvægten. Smaaskibe vil overhovedet ikke kunne rumme Kul nok til Rejser mellem fjærne Verdensdele, hvis de skal gaa med nogen betydelig Fart og alene anvende Dampkraft. Forholdet stiller sig imidlertid gunstigere ved et stort end ved et lille Skib; thi det Kulforbrug, som kræves til Vedligeholdelse af en vis Hastighed, vokser langt fra i samme Forhold som Skibets Slørrelse. Til lange Rejser er det derfor fordelagtigst at bygge meget store Skibe, hvis de da kan faa Fragt nok.

Allerede i 1858 byggede man i England et Kæmpeskib »Great Eastern« af over 200 Meters Længde (210,6 M.); men Skibs- og Maskinbygningskunsten havde den Gang endnu ikke naaet den Udvikling, som krævedes til et saadant Arbejde. »Great Eastern« gjorde vel god Nytte ved Nedlægning af de første transatlantiske Kabler, men ellers var det en Skuffelse: det blev ophugget efter faa Aars Forløb, og man spaaede, at Forsøget aldrig vilde blive gentaget.

Denne Spaadom slog ikke til; i Løbet af de sidste Aar er der i England bygget 4 Skibe, »Oceanic«, Celtic«, Cedric« og »Baltic«, der overgaar »Great Eastern« i Størrelse (fortrænger en større Vandmasse); og af de tidligere omtalte tyske Oceanflyvere kommer i det mindste »Kaiser Wilhelm II«, som vistnok er den hurtigste af alle Oceandampere, meget nær op tii »Great Eastern« med Hensyn til Vandfortrængning.

Der er faa Værker, udtænkte af Mennesketanker og skabte af Menneskehænder, der i højere Grad gør Krav paa vor Beundring end et saadant Skib. Selv i de største Fabriksanlæg eller i de mægtige elektriske Centralstationer, der forsyner Storbyerne med Lys og Arbejdskraft, trælfer vi næppe en Dampkraft, der kan maale sig med den, der er samlet i en af de hurtigste Atlanterhavsdamperes Maskinrum; og intetsteds er saa mangfoldige forskellige Indretninger, saaledes sammenarbejdede til et sammenhængende Hele, der næsten forekommer os som et levende Væsen.

De to Skibsmaskiner i »Kaiser Wilhelm II« udvikler tilsammen henimod 40,000 Hestekræfter (Great Easterns Maskiner gav kun 8000 H. K.). Denne Kraft overføres gennem lange Aksler til to Skruer, ved hvis Omdrejning Skibets Kæmpelegeme drives frem gennem Vandet med en Fart af henved 24 Kvartmil eller 45 Kilometer i Timen. Foruden de to Hovedmaskiner findes der paa Skibet 75 andre Dampmaskiner, deriblandt de, der leverer Kraft til det elek-

triske Lysanlæg med dets henimod 3000 Lamper foruden Motorer m. m. — I 19 mægtige Dampkedler med 124 Indfyringssteder udvikles den Damp, der skal drive alle disse Maskiner; et vidt forgrenet Rørsystem fører endvidere Dampen som Opvarmningsmiddel til alle Beboelsesrum samt til Dampkøkkenet.—Til hver Rejse maa Skibet medføre 4—5000 Tons Kul, eller med andre Ord saa meget, at det vilde kunde strække til for tusind Familier en hel Vinter, naar vi regner hver Families Forbrug til 30 Tønder. — Skønt der særlig er lagt Vægt paa første Klasse og indrettet adskillige Luksuslejlighe-

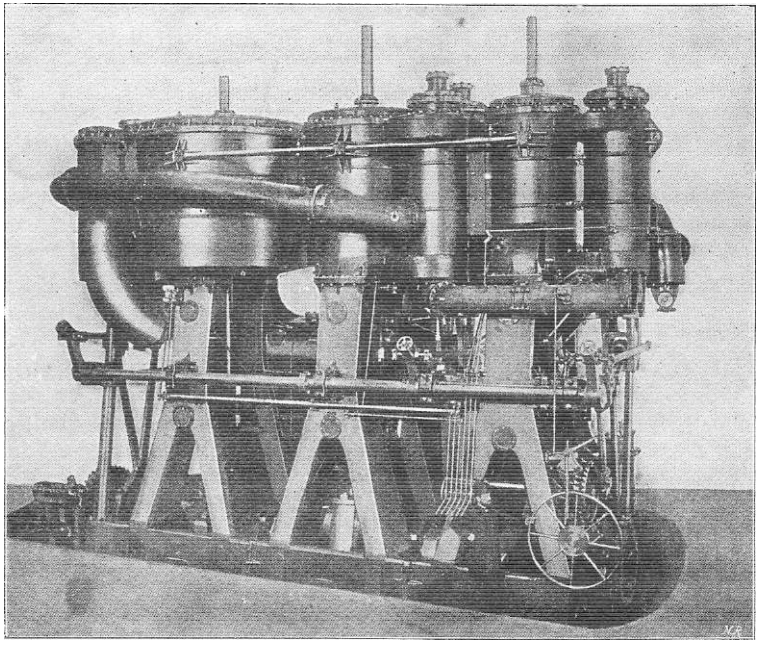


Fig. 229. Maskinen til den russiske Kejseryacht »Standard«.

der bestaaende af flere Værelser, rummer Skibet dog, naar alle Pladser er optaget, henved 2500 Mennesker; det kunde altsaa føre en hel lille Provinsbys Befolkning til Amerika. Af disse 2500 udgør Besætningen de 600, og af dem er atter omtrent 230 Fyrbødere og Kulhentere, og henved 50 ansatte ved Maskinerne. — Maskinanlægget er Skibets Hjærte; standser Stempelslagene og slukkes Ilden under Kedlerne, vil Skibet flyde dødt og koldt paa Bølgerne. Men med samme Ret kan Kommandobroen betegnes som Skibets Hjærne; her er Hovedcentret for de Telefonledninger, Ringeledninger m. m., der som Nervestrænge gennemkrydser Skibslegemet i alle Retninger; herfra kan Kaptajn og Officerer ved højttalende Telefoner sende

Ordrer til og modtage Bud fra Maskinrummet og andre Dele af Skibet, og herfra kan man under Skibssammenstød o. lg'n. ved Tryk paa en elektrisk Knap lukke Dørene i de vandtætte Skodder, der deler Skibet i mange Afdelinger.

Skibe, der i Størrelse kan maale sig med »Kaiser Wilhelm II« o. lgn., er vel ikke bygget i Skandinavien. Men paa Burmeister & Wains Værft i København er der dog bygget mægtige Dampere, som vidner om, at Skibsbygningskunsten og den dertil hørende Maskinteknik ogsaa i Danmark har naaet et meget højt Standpunkt. Vi kan blandt de fra dette Værft udgaaede Skibe f. Eks. nævne den russiske Kejseryacht »Standard«, hvis Maskine paa 6000 H. K. er vist i Fig. 229.

At bygge Dampere, der kan tilbagelægge Vejen over Atlanterhavet endnu hurtigere end de tyske Oceanflyvere, kan uden Tvivl lade sig gøre, og maaske vil Englænderne snart generobre Atlanterhavsrekorden; men enhver lille Forøgelse af Hastigheden, vil forøge Udgifterne til Kul umaadeligt. Man har udregnet, at et Skib der skulde kunne foretage Overfarten i 4 Dage (i Stedet for $5^1/4$, som nu er den laveste Tid), maatte være meget større end »Kaiser Wilhelm II« og endda fyldes helt med Kul, naar det skulde have Foder nok til sine Maskiner paa langt over 100 000 H. K. Ved Indførelsen af Raapetroleum som Brændsel i Stedet for Kul vilde Forholdet stille sig gunstigere (se S. 109), og desuden vilde man i Stedet for 2—300 Fyrbødere kunne nøjes med et ringe Antal Mand til at passe de selvvirkende Oljefyringsapparater, ved hvilke Oljen stadig sprøjtes ind i Ildstedet (ved *Z* i Fig. 230). Foreløbig er der dog næppe Tale om at indføre Oljefyring i Atlanterhavsdamperne. Derimod har »Det østasiatiske Kompagni« indført den paa flere af sine Skibe. Desuden anvendes Petroleumsprodukter nu i Eksplosionsmotorer (S. 21) i mange smaa Fartøjer. Saadanne Motorbaade synes at skulle faa stor Betydning for Fiskerne.

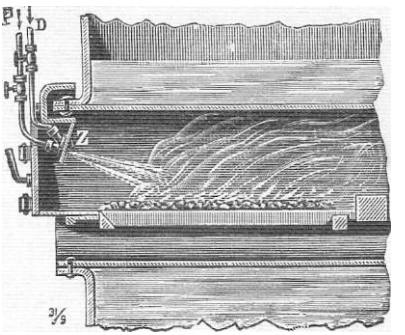


Fig. 230. Fyring med Petroleum.

Langt større Fart end de 24 Kvartmil i Timen, som er naaet af de hurtigste Oceandampere, kan man opnaa ved Skibe, der kun skal opretholde den store Hastighed i kort Tid. Nogle Torpedojagere har naaet en Fart af 37 Kvartmil i Timen; men de vilde naturligvis hurtigt opbruge deres Kulforraad ved en saadan Fart. En amerikansk Dampyacht »Arrow« (o: Pilen) har endogsaa løbet over 39 Kvartmil eller c. 72 Kilometer i Timen og er saaledes Verdens hurtigste Skib; men det er kun til Lyst.

I flere af de hurtigstgaaende Torpedojagere har man i Stedet for Stempelmaskiner anvendt Parsons Dampturbine, der i Princippet meget ligner den i Fig. 20 S. 25 fremstillede Vandturbine, idet Dampen først træffer en Krans af faste Ledeskovle og fra dem strømmer mod Skovlene paa et bevægeligt Hjul; men i Parsons Turbine maa Dampen passere flere Sæt af faste og bevægelige Skovle efter hinanden, og desuden er Turbinens Aksel vandret. For ganske nylig er der fuldført et Passagerskib med Turbiner til Brug ved Overfarten over »Kanalen« mellem England og Frankrig, og inden Udgangen af 1904 ventes en Turbinedamper til Atlanterhavsfart sat i Vandet i Belfast i Irland.

Ogsaa selve de mekaniske Fremdriftsmidler, Hjulene og Skruerne, har man gjort Forsøg paa at erstatte med andre Mekanismer. Man prøvede saaledes en Tid — dog med lidet Held — at optage Rumseys Idé, at drive Skibet frem ved at sende en kraftig Vandstraale ud af dets Agterende; paa de nyere Reaktionsdampere eller Dampere med hydravlisk Propeller, som disse Skibe kaldes, blev Vandstraalen dog udsendt over Vandet, ikke under Overfladen. For faa Aar siden har den danske Ingeniør Vogt konstrueret en Propeller, der skal drive Fartøjet frem i Vandet paa lignende Maade som Fiskehalen driver Fisken frem, altsaa ved Slag til Siderne; da en saadan »Fiskehalepropeller« ligesom et Pendul svinger frem og tilbage om en Midterstilling, kaldes den ogsaa Pendulpropelleren. Naar Skibet gaar lige frem, vender Propelleren i sin Midterstilling lige bagud; en Drejning af Skibet udføres nu blot derved, at Propellerens Aksel drejes saaledes, at Midterstillingen kommer til at danne en Vinkel med Skibets Længderetning; Propelleren besørger altsaa ligesom Fiskehalen baade Fremdrift og Styring. Vendes Propelleren fremefter, vil Skibet gaa baglæns. De Forsøg, der er gjort, synes at vise, at Pendulpropelleren virkelig er en god Propeller; men det er lettere at overføre Arbejdskraften fra en Dampmaskine til de roterende Hjul- og Skrueaksler end til Pendulpropellerens svingende Aksel, der jo tillige skal kunne drejes paa anden Maade for Styringens Skyld, og det er derfor rimeligt, at Opfinderen her har en Del Vanskeligheder at overvinde. — Da Pendulpropelleren kan virke og gøre Nytte ogsaa, naar Skibet gaar for Sejl, aabnes der herved ny Muligheder for en Samvirken af Dampkraft og Vindkraft, og Opfinderen tillægger denne Side af Sagen en meget stor Betydning.

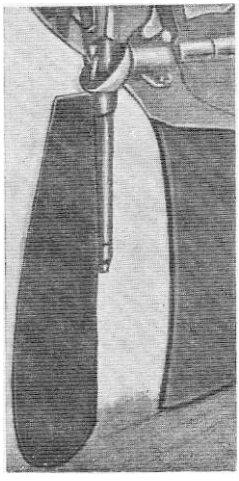


Fig. 231. Vogts Pendulpropeller.

Et Fartøj af ganske ejendommelig Art er Dykkerbaaden eller

Undervandsbaaden. Alleiede for over 100 Aar siden gjorde Robert Fulton i Frankrig Forsøg først med en »Torpedo, d. v. s. et med Sprængstoffer fadet Projektil, der kunde drives frem under Vandet af en Mekanisme med Drivfjeder, senere med en Dykkerbaad, der kunde rumme to Personer. Over Vandet gik Raaden med Sejl; naar den skulde dykke, blev Sejlet taget ind, Masten lagt ned og alle Aabninger lukkede vandtæt; ved Indpumpning af Vandballast bragtes Baaden til at synke, og under Vandet blev den drevet frem ved en Skrue som drejedes ved Haandkraft.

Whitehead i Østrig har i Tresserne og senere forbedret Torpedoen saaledes, at den er blevet et af de frygteligste Vaaben i Nutidens Søkrige. Efter at være udskudt fra et Skib drives Whiteheads Torpedo frem i Vandet af en Skrue, som faar Drivkraften

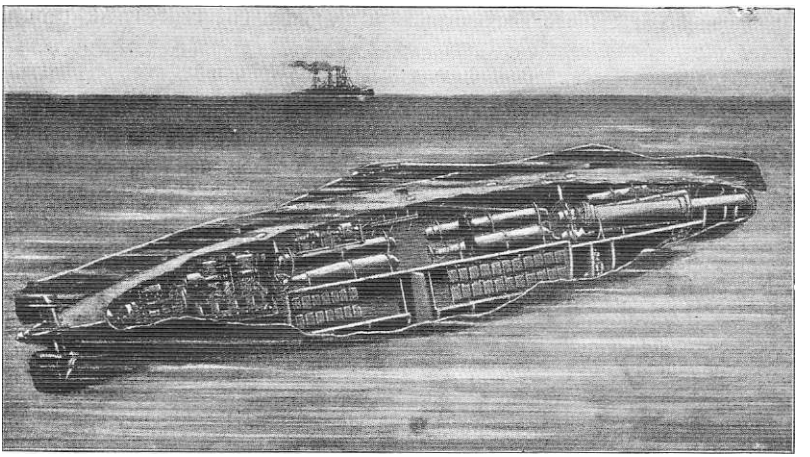


Fig. 232. Amerikansk Uudervandsbaad.

fra komprimeret Luft; Ror og andre Mekanismer kan forud indstilles saaledes, at Torpedoen gaar lige mod Maalet i bestemt Dybde under Vandet; et Stød mod en Skibsside bringer dens Sprængladning til at eksplodere. I Amerikaneren Howell's Torpedo, leveres Drivkraften under Bevægelsen af en tung, roterende Skive, i hvilken man forud har opsparet en betydelig Bevægelsesenergi ved at meddele den en Omdrejningshastighed af henimod 10,000 Omdrejninger i Minuttet; den anvendes nu i den amerikanske Marine.

Til Fremdrift af en hel Baad med Besætning under Vandet kiinde man imidlertid hverken bruge roterende Skiver eller komprimeret Luft, og endnu mindre kunde Dampmaskiner eller Petroleumsmotorer, der kræver stadig Lufttilførsel, gøre Tjeneste. Først ved Anvendelse af Elektromotorer e: det i de sidste Aar lykkedes at opnaa praktiske Resultater. Da Elektromotorer ude paa Søen nød-

vendigvis maa hente deres Drivkraft fra Akkumulatorer, og disse er meget tunge i Forhold til den Mængde Arbejdskraft, de indeholdelse S. 61), kan dette Fremdriftsmiddel saa vel ved Undervandsbaade som ved andre Fartøjer kun anvendes paa temmelig korte Strækninger (nogle faa danske Mil). For at bøde herpaa har man bygget Baade med Petroleumsmotorer, der besørger Fremdriften over Varfdlladen og tillige ved Hjælp af en Dynamo lader Akkumulatorer som saa afgiver Drivkraft til en Elektromotor, naar Baaden skal gaa under Vandfladen. De kan da ved Petroleumsmotoren gaa en lang Vej, f. Eks. til en fjendtlig Krigshavn og saa dykke under, naar Angrebet skal foregaa; disse Baade kan særlig betegnes som Dykkerbaade til Forskel fra de kun til Kystforsvar bestemte Undervandsbaade, der alene har elektrisk Drivkraft Fig. 232 viser en Undervandsbaad, hvis ene Sidevæg er delvis fjærnet, saa at man i dens Indre ser Torpedoer, Torpedoudskydningsrør (til højre) Akkumulatorer (forneden) og Maskineri.

Ikke blot Drivkraften har voldet Vanskeligheder ved Konstruktionen af Undervandsbaade. Da Vandets Tæthed kun tiltager meget langsomt nedad mod Havbunden, vil en Baad, saa snart den har faaet Ballast nok til at synke under Vandfladen, ved den mindste Overvægt gaa helt til Bunds. Man har søgt at raade Bod herpaa ved sindrige selvvirkende Mekanismer, der enten regulerer den indpumpede Vandmængde, eller virker paa vandrette Ror, ved hvilke Baadens op- eller nedadgaaende Bevægelse styres. Forbilledet for Mekanismer, der avtomatisk kunde holde Baaden i en bestemt Dybde, kunde man hente fra Torpedoerne. Her virker Vandets Tryk paa Ydersiden af et Stempel, som er sat i Forbindelse med det vandrette Ror; en Fjeder, der trykker paa Stemplets modsatte Side, indslillet. saaledes, at den i den rette Dybde holder Stemplet i en Ligevægtsstilling, svarende til vandret Stilling af Roret; gaar nu Torpedoen dybere, vil Vandets Tryk vokse og trykke Stemplet indad, hvorved Roret drejes saaledes, at Torpedoen gaar opad; omvendt, hvis Torpedoen kommer for nær Overfladen. Undervandsbaaden, der gaar langsommere end Torpedoen, har imidlertid af denne Grund ringere Stabilitet end Torpedoen (en Cykle med ringe Fart slingrer jo som bekendt mere end en hurtigt løbende Cykle); den kan altsaa ikke reguleres saa sikkert. — For at Baadens Stilling nede i Vandet ikke skal forandres, maa hver Mand i Baaden stadig blive paa sin Plads, hvad der bidrager til at gøre Opholdet i den meget ubehageligt og trættende. — Fornyelse af Luften kan opnaas, idet Baaden medfører sammenpresset Luft. — Den værste Ulempe ved Sejladsen under Vandet skyldes den ringe Gennemsigtighed af tykke Vandlag, hvilket har til Følge, at Undervandsbaaden er næsten blind eller i alt Fald meget nærsynet; naar den ikke gaar meget dybt, kan man ganske vist give den et kunstigt Øje, d. v. s. el Rør, som rager op over Vandfladen og ved Linser og Spejle danner Billeder af Genstande over Vandfladen nede i Baaden; men i høj Søgang svigter dette Middel.

Til Trods for de mange kun til Dels overvundne Vanskeligheder ved Undervandsbaadene, vil de maaske blive et farligt Vaaben i Fremtidens Krige, og baade i Frankrig, Amerika og England er der allerede bygget mange af dem, Uhyggelig vil deres Tilstedeværelse i alt Fald blive, fordi man egentlig ikke kender noget Middel til at opdage og bekæmpe disse »Havets Anarkister«. Men naar en af de bekendteste Konstruktører af Undervandsbaade, Holland, endogsaa paastaar, at denne Slags Fartøjer, der under Havfladen går i Ly for Storme, vil blive Fremtidens Passagerskibe i alt Fald paa kortere Rejser, trænger hans Fantasi sikkert til en Bremse.

Italieneren Pino har nylig konstrueret en ejendommelig Undervandsbaad, der er saa lille, at den kun netop kan rumme to Mennesker og saa stærk, at den kan taale Vandtrykket i betydelige Dybder. Den bevæges fremad i Vandet ved Skruer, men har tillige underneden en Rulle, saa at den kan køre nede paa Havbunden. Gennem smaa stærke Ruder kan man i forskellige Retninger se ud i Vandet, som samtidig belyses ved elektriske Lamper. Naar Baaden ved et Kabel forbindes med et Skib, kan Besætningen staa i telefonisk Forbindelse med Oververdenen, og tillige kan en stærk elektrisk Strøm, som nærer Elektromotorer og kraftigt lysende Lamper føres ned til Baaden gennem Kablet. Ved Pinos Baad bliver det muligt at undersøge Havbunden i Dybder, hvor Dykkere ikke kan naa ned, fordi Lufttrykket i Dykkerhjælmen (eller Dykkerklokken) vilde blive større, end noget Menneske kunde taale det; hvor dybt Baaden kan nedsænkes, afhænger derimod blot af den Styrke, man kan give Staalvæggen og Glasruderne, der skal modstaa Vandets Tryk udefra. Pino har forsynet Baaden med forskellige Griberedskaber, der kan manøvreres indefra og benyttes til Optagning af sunkne Genstande.

Om en anden af Pinos Opfindelser »Hydroskopet« berettes der mærkelige og til Dels lidet trolige Ting; ved dette skal man oppe fra et Skib kunne undersøge Vandet i vid Omkreds, opdage Grunde og Skær saa vel som fjendtlige Undervandsbaade, der truer Skibet o. s. v. Saavidt man kan dømme efter Beretningerne er Pinos Hydroskop en Slags Vandkikkert, d. v. s. et Apparat, som fører fra Skibet ned i Vandet og ved Hjælp af Linser og Spejle danner Billeder oppe paa Skibet af Genstande nede i Vandet, idet Vandet samtidig belyses ved i Hydroskopet anbragte elektriske Lamper. Selv stærke Lyskastere, der koncentrerer Lyset netop i den Retning, i hvilken Kikkerten spejder, vil dog næppe kunne give meget langt Udsyn gennem Vandet.

I alt det foregaaende er det væsentlig Skibsfarten ude paa Havet, der har været Tale om. I ældre Tider, da Jærnbanerne ikke eksisterede, og Landevejene de fleste Steder var yderst slette, havde Skibsfarten ogsaa en overvejende Betydning for Samfærdselen inde i Landene. Floderne og de kunstige Vandveje, Kanalerne var de eneste Veje, ad hvilke der paa nogenlunde lempelig Maade kunde befordres store Varemængder. Men endnu i vore Dage har

Vandvejene i saa høj Grad bevaret deres Betydning, at det endog i mange Tilfælde kan betale sig med stor Bekostning at anlægge Kanaler i Egne, der er gennemkrydsede af Jærnbaner. Personer og Ilgods gaar da med Banen, medens grovere Varer, med hvilke det ikke har stor Hast, saa vidt muligt befordres paa Floder og Kanaler.

En Kanal af anden Art end de ovenfor omtalte Vandveje i Landenes Indre, er Suezkanalen, som gennembryder Skranken mellem Middelhavet og det røde Hav og gør det muligt for de største Dampere at gaa fra Evropa til Indien uden at omsejle Afrika. Dels ved denne Kanal, dels ved Indførelsen af hurtigsejlende Dampskibe i Stedet for Sejlskibe er Sejladsen fra England til Indien i Løbet af det 19. Aarhundrede blevet forkortet fra 6 Maaneder til 20 Dage; Afstanden er altsaa, maalt i Dagsrejser, blevet 9 Gange saa kort.

Allerede 13—1400 Aar f. Kr. skal Ægypterne have begyndt at grave en Kanal mellem Nilen og det røde Hav; men først henved 1000 Aar senere blev Værket fuldført af Perserkongen Darius; endnu henimod Middelalderens Slutning kunde denne Kanal befares af smaa Fartøjer, men derefter sandede den helt til. Først 1869 aabnedes atter en Vandvej mellem Middelhavet og det røde Hav, og denne Gang var det en dyb og bred Kanal, som ikke sluttede sig til Nilen, men gik gennem selve den 112 Kilometer brede Tange, der forenede Afrika med Asien. Det er Franskmanden Lesseps, der har gennemført det store Værk, hvis Udførelse stødte paa næsten uovervindelige Vanskeligheder af teknisk, økonomisk og politisk Art. Derimod mislykkedes det Forsøg han senere gjorde paa at tilvejebringe en Forbindelse mellem det atlantiske og det stille Ocean over den kun 72 Km. brede Landtange ved Panama. De tekniske Vanskeligheder er her endnu større, fordi et Højdedrag af c. 100 Meters Højde strækker sig gennem Tangen. Nu da De forenede Stater har taget Sagen i sin Haand, er der imidlertid næppe nogen Tvivl om, at Panamakanalen vil blive fuldført.

Paa Floder og Kanaler har man fra gammel Tid mange Steder trukket Skibene frem ved Tove i Stedet for at anvende Aarer og Sejl. Trækkraften kunde ydes af Mennesker eller af Heste, i vore Dage ogsaa af Lokomotiver, der kører langs Bredden, og som nu flere Steder drives ved Elektricitet. — I flere Floder f. Eks. Rhinen, er der paa Flodbunden nedlagt en Kæde i Flodens Længderetning; langs denne Kæde haler Skibene sig frem, idet den lægges hen over Skibet og omkring Tromler, der drejes af en Dampmaskine paa Skibet; paa denne Maade bliver Maskinkraften under Sejladsen mod Strømmen udnyttet meget bedre end ved Hjul eller Skruer i Vandet.

Hvor Kanaler forbinder to Steder med betydelig Højdeforskel, maa Skibene et eller flere Steder passere gennem Sluser.

Allerede i meget gammel Tid anvendtes ved Vandingsanlæg Sluser, d. v. s. stærke, lodrette Trævægge, der kan holde Vandet opstemmet. I Sluserne er der i Reglen Aabninger, som dækkes af en Plade, Stig-

bordet, der trykkes fast mod Væggen ved Vandets Tryk, men kan trækkes til Vejrs langs Væggen; ofte er hele Slusevæggen dannet af to store »Døre«, Sluseportene, som kun kan aabnes den ene Vej, men trykkes fast til og spærrer for Vandet, hvis det vil den modsatte Vej (se S. 30). I Egne, hvor Ebbe og Flod spiller en stor Rolle f. Eks. Holland og Sydøstengland (London), kan Vandet i Havnebassiner (»vaade Dokker«,) Floder og Kanaler ved saadanne Sluseporte holdes opstemmet i Ebbetiden; i Flodtiden kan Portene aabnes, og Skibene kan gaa ud eller ind. I Danmark har Esbjærg en saadan Dokhavn.

Men naar Skibe under andre Omstændigheder skal gennem Sluser inde i Kanaler, maa der være indrettet »Slusekamre«, d, v. s. Rum med høje Sidevægge og Sluser for og bag. Fig. 233 giver et Indblik i et saadant Slusekammer. Vi ser kun den Sluse, der vender mod Kanalens øvre Del; heroppe, muligvis i et højereliggende Slusekammer, ligger der Skibe. Der er i den Sluse, Billedet viser, aabnet for Vandet, som altsaa nu strømmer ned i Slusekammeret, indtil det stigende Vandspejl her bliver ligesaa højt som det synkende Vandspejl i Slusekamret ovenfor; saa aabnes Sluseportene, og et Skib kan da gaa fra det øvre Slusekammer til det nedre eller omvendt. Derefter lukkes disse Sluseporte, og Skibet kan da paa samme Maade bringes gennem den næste Sluse (paa Nedvejen eller Opvejen).

Fig. 233. Slusekammer.

Kanaler med meget anselige Sluseanlæg findes baade i Norge (Bandakkanalen) og i Sverrig (Gotakanalen). — Panamakanalen skulde efter den oprindelige Plan ligesom Suezkanalen have forbundet de to Verdenshave i Niveau med Havfladen; men da dette viste sig for bekosteligt, bliver den nu bygget som en Slusekanal, hvis højeste Punkt kommer til at ligge 20—30 Meter over Havfladen; gennem 4 mægtige Sluser skal Oceandampere af 9 Meters Dybtgaaende føres op til denne Højde og ned paa den anden Side.

Ved en Slusekanal bruges der ved hver enkelt Gennemslusning betydelige Vandmængder. I den nyeste Tid har man imidlertid enkelte Steder, hvor en stor Højdeforskel skulde overvindes, for at spare Vand og Tid brugt andre Midler end Slusekamre til Skibenes Befordring. I Dortmund-Emskanalen, der forbinder Tysklands rige Kul- og Jærnegne med Nordsøen, bliver Skibene ved Henrichenburg

løflet 14 Meter til Vejrs, idet de sejler ind i et mægtigt Trug, som derefter lukkes vandtæt og hæves ved et kraftigt Løfteværk; naar det er kommet i Højde med Kanalens øvre Del, sejler Skibet ud paa denne. Truget med Vand og Skib vejer omtrent 3000 Tons.

Af allerstørste Betydning for Skibsfarten er gode Havne, hvor Skibene kan ligge i Læ for Storm og Søgang, og hvor de kan blive repareret. Det er uhyre Summer, der i vore Dage rundt om i Verden er anvendt paa Havneanlæg med Anlægsmoler og Kajer, Bølgebrydere, store udgravede Bassiner, kunstigt uddybede Indløb o. s. v. Anlægget af Københavns Frihavn har saaledes kostet en halv Snes Millioner Kr., heri ikke medregnet, hvad der er medgaaet til Jorderhvervelse, maskinelle Anlæg o. s. v., hvilket i alt løber op til en lignende Sum. Vi skal imidlertid ikke komme nærmere ind paa denne Sag, men blot endnu nævne, at der ved de fleste større Havne findes »Tørdokker«, d. v. s. Bassiner, i hvilke Skibe, der skal repareres, kan sejle ind og derefter bringes til at ligge tørt, idet Dokken lukkes med Sluseporte og udpumpes. I den nyeste Tid anvender man meget flydende Tørdokker, »Flydedokker«, der bestaar af mægtige hule Pontoner af den Form, som er vist i Fig. 234, hvor Størstedelen af den dobbelte Bund dog er skjult under Vandfladen. Naar en saadan Flydedok skal optage et Skib, lader man Vand strømme ind i den dobbelte Bund, indtil Dokken ligger saa dybt, at den kan gaa ind under Skibet; derefter pumpes Vandet ud, og Dokken hæver sig, saa at Skibet tilsidst ligger tørt i dens Indre, naturligvis afstivet paa passende Maade. Paa en Platform over Dokkens hule Vægge kan der være anbragt Kraner, Maskiner til Reparation af Skibet m. m., og hele Dokken kan saaledes blive et rejsende Skibsværft, der kan slæbes derhen, hvor der er Brug for det.

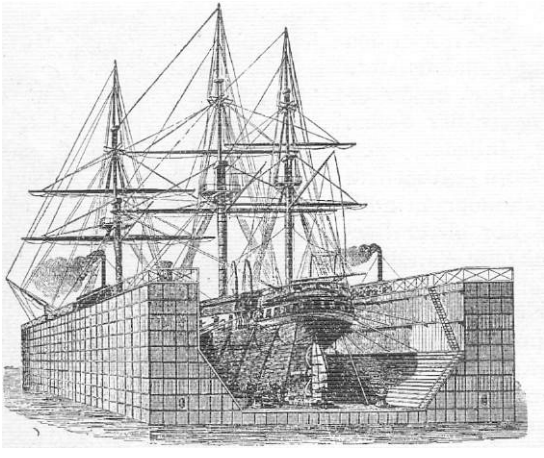


Fig. 234. En Flydedok.

XII. SAMFÆRDSEL PAA LANDJORDEN.

Før Jærnbanernes Tid. — Lokomotivets Opfindelse. — Jærnbanevæsenets senere Udvikling (Broer, Tunneler, Sikringsmidler m. m.). — Cykler og Motorvogne. — Samfærdsel i Storstæderne. — Elektrisk Drift paa Jærnbanerne.

Saa langt tilbage, som Historien rækker, har man benyttet Dyrenes Arbejdskraft til Befordring af Handelsvarer over Land fra Sted til Sted, idet man læssede Varerne paa Ryggen af Dyr — hyppigst Æsler. Vi foretrækker at læsse Varerne paa en Vogn, som Arbejdsdyrene trækker efter sig; paa denne Maade kan i alt Fald Nutidens almindeligste Arbejdsdyr, Hesten, befordre en mange Gange større Byrde, vel at mærke paa de mer eller mindre gode banede Veje, som i vore Dage gennemkrydser alle nogenlunde tæt befolkede Egne i civiliserede Lande. Men saa længe man endnu væsentlig maatte nøjes med de Veje og Stier, Naturen selv havde dannet, kunde de fleste Steder et Lastdyr lettere komme frem med sin Byrde end et Trækdyr med Kærren; ved den vigtige Karavanhandel i Asien og Afrika bliver Varerne jo endnu den Dag i Dag baaret gennem Ørkenen paa Ryggen at Kameler.

Vognen er imidlertid en meget gammel Opfindelse, som det fremgaar af ægyptiske og assyriske Billeder saa vel som af Oldtidsfund i Norden og andetsteds. Vi kan vel sige, at Vognhjulene nedstammer fra de runde Træstammer, der fra de ældste Tider blev brugt som Underlag ved Flytning af tunge Genstande som store Sten til Bygningsværker o. lgn.; men hvornaar og hvorledes man er naaet fra disse løse Ruller til Vognhjulene, ved vi ikke. Baade i Ægypten og Assyrien anvendtes Stridsvogne, og det var vistnok paa dette Omraade, at Vognen tidligst fik større Betydning. Som virkeligt Samfærdselsmiddel, der tjente til Befordring af Personer og Varer, kunde den som ovenfor anført først faa almindelig Anvendelse, efterhaanden som der blev lagt Veje.

Flere af Oldtidens Kulturfolk som Assyrerne, Perserne og fremfor alt Romerne satte forøvrigt et stort Arbejde ind paa at tilvejebringe gode Veje, og selv 0lll Arbejdet oprindelig var udført af militære Hensj'n, fremmede disse Vejanlæg naturligvis ogsaa det fredelige Samkvem i de Egne, hvor de fandtes. I Romerrigets Storhedstid førte fra Rigets yderste Grænser mange udmærkede Veje ind til Rom. Adskillige af dem kunde fuldt ud maale sig med Nutidens bedste Landeveje, og ved deres Anlæggelse havde man mange Steder overvundet betydelige Naturhindringer — hugget Vejen ud i Klippesider, ført den paa stærke Broer over Floder o. s. v. Paa disse Veje var der en livlig Trafik af Køretøjer med Folk og Varer, og med passende Mellemrum fandtes der Stationer, hvor der paa Statens Foranstaltning altid var Personale, Heste og Vogne parat til Afbenyttelse. Men dette »Postvæsen« var rigtignok kun bestemt til at

bruges direkte i Statens Tjeneste, omend det efterhaanden blev almindeligt, at Embedsmænd og andre Personer fik Anvisning paa og Tilladelse til at benytte Statens Postvæsen ogsaa ved private Rejser.

Ved Romerrigets Undergang kom Vejvæsenet i Forfald, og det er først i en forholdsvis sen Tid, at der rundt om i de fleste evropæiske Lande er opstaaet et Net af gode Veje. I Norge skal den første egentlige Kørevej være anlagt 1624; Befordring af Varer henlagdes saa vidt muligt til om Vinteren, da de kunde trækkes paa Slæder over Sne og Is. I Danmark blev Varer ganske vist tidligt befordret paa Kærrer, men Vejene var rigtignok endnu for to—tre Aarhundreder siden yderlig slette, naar man undtager enkelte »Kongeveje«, som blev anlagt af Frederik II og Christian IV, men som rigtignok ogsaa kun maatte bruges af Kongen. I Almindelighed forlangte man kun, at en Vej skulde være bred nok til én Vogn; mødtes to Køretøjer maatte det ene køre »af Vejen« over Grøften ind paa Marken, som vist forøvrigt ofte var bedre, end selve Vejen med dens dybe Hjulspor. Blev Vejene altfor slemme, udbedrede man dem ved Paafyldning af Jord, Tang eller hvad andet Materiale, man havde let Adgang til; i særlig slemme Huller kunde man anbringe en Kampesten. Det er under disse Omstændigheder ikke mærkeligt, at man ofte kunde være et Par Timer om at vinde en Milsvej frem, og at det var nødvendigt at anvende 4 eller flere Heste til Befordring af nogenlunde tunge Vogne.

Det var ikke blot de elendige Veje, men ogsaa Vognenes Konstruktion, der i ældre Tid gjorde selv temmelig korte Rejser med Vogn meget ubehagelige og anstrængende. Først i det 16. Aarhundrede begyndte man i Danmark at indføre Vogne, hvor hele Vognkassen var ophængt i Læderremme i et Stillads, som hvilede paa Akslerne; inden den Tid maatte enhver finde sig i de Rystelser, som uundgaaeligt følger med Kørslen i en stiv Vogn paa en slet Vej. Fjedervogne tilhører en endnu senere Tid; endnu langt ind i forrige Aarhundrede nøjedes man som oftest med at anbringe Agestolen paa Fjedre.

I Tidens Løb bedredes Rejseforholdene. Baade i Danmark og andetsteds indførtes paa vigtige Ruter en regelmæssig Forbindelse ved Vogne, som for Betaling medtog Rejsende, og gik paa bestemte Tider, — i bedste Fald var det »Dagvogne«, der gik hver Dag. For 100 Aar siden kunde den Rejsende paa enkelte Ruter, hvor der var anlagt gode Landeveje, komme frem med en Fart af en dansk Mil i 3 Kvarter (11 Km. i Timen), i alt Fald naar han vilde leje »Ekstrapost«. Og selv om det de fleste Steder gik meget langsommere, maatte allerede den regelmæssige og sikre Landevejsbefordring synes en stor Ting i Tider, da man ved Sørejser maatte vente paa gunstig Vind og i de smaa Skuder følte sig utryg, saa snart Bølgerne gik højt.

Hvor det drejede sig om Befordring af Varer, stod imidlertid

Landevejene langt tilbage for Vandvejene; ved at trække et Skib frem ad en Kanal eller Flod kunde en enkelt Hest befordre ganske anderledes store Varemængder end to eller flere Heste selv paa en nok saa fortræffelig Landevej; ogsaa paa det aabne Hav var Betingelserne for en omfattende Godstrafik mangfoldige Gange bedre end paa Landjorden, selv om Skibene var afhængige af Vindens Luner. I ældre Tider var Vandet ofte det, der forbandt Landsdele, Fastland det, der skilte dem; Danmark og Skaane hørte naturligt sammen, Østersøens modsatte Kyster ligesaa.

Som omtalt S. 98 havde man i Bjærgværkerne tidligt anvendt Skinnebaner af Træ for at gøre det lettere at trække de belæssede Vogne, og efter at man i den sidste Halvdel af det 18. Aarhundrede var begyndt at bruge Jærnskinner, vandt Skinnevejene navnlig i England efterhaanden en Del Udbredelse ikke blot nede i Gruberne, men ogsaa paa længere Strækninger over Jorden. Paa disse Skinneveje udnyttedes Hestenes Trækkraft langt bedre end paa almindelige Landeveje.

Samtidig blev der imidlertid flere Steder gjort Forsøg paa at anvende Dampkraften som Trækkraft for Vogne. Allerede i 1770 havde en fransk Ingeniør Cugnot bygget en Dampvogn, som han havde tænkt sig anvendt som Forspand for Kanoner; men ved en af de første Prøvefarter rendte Vognen mod en Mur, og derefter standsede Forsøgene. I Firserne konstruerede Watts og Boultons Medarbejder Murdoch, — den samme, der senere gjorde sig fortjent af Gasbelysningen (S. 165), — en Model til en Dampvogn, som imidlertid aldrig blev udført i større Maalestok. Nogle Aar senere kørte Amerikaneren Evans med en Dampvogn i Filadelfias Gader, men heller ikke denne Vogn kom nogensinde til at gøre Nytte. De første, der opnaaede Resultater af direkte praktisk Betydning, var de to engelske Mekanikere Trevithick og Vivian.

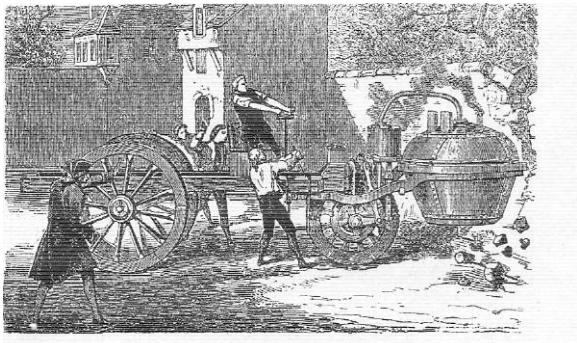


Fig. 235. Cugnots Dampvogn.

De begyndte med at bygge en Dampvogn, der ligesom alle de tidligere, var bestemt til Kørsel paa almindelige Veje uden Skinner. Men Maskinen kunde ikke taale de Stød og Rystelser, som frembragtes ved Landevejskørselen, og der krævedes altfor stort Arbejde af Maskinen til at føre Vognen frem. Trevithick og Vivian kon-

struerede da en Vogn, som skulde gaa paa Skinner, og 1804 kom denne Dampvogn i Virksomhed paa en Skinnevej, hvor den gjorde god Tjeneste.

Man var imidlertid hildet i den Vildfarelse, at Gnidningsmodstanden mellem Skinner og Hjul var saa ringe, at disse under Omdrejningen vilde glide paa Skinnerne uden at føre Vognen frem, og man lod derfor ved de første Skinnelokomotiver Maskinen dreje et Tandhjul, som greb ind i en Tandstang, der var lagt langs Skinnerne, eller man søgte at hjælpe Lokomotivet frem paa andre Maader, f. Eks. ved at give det en Slags Ben, som bevægedes af Maskinen og skubbede det frem. Først i 1813 viste en Ing'eniør Blackett ved Forsøg, at Gnidningsmodstanden mellem Hjul og Skinner i Virkeligheden var stor nok til at hindre en Glidning, og at det altsaa vår en indbildt Vanskelighed, man havde anvendt saa mangen Opfindsomhed paa at overvinde. Men endnu varede det mange Aar, inden Dampkørslen kunde faa større Belydning for den almindelige Samfærdsel .

At det gik langsomt med Udviklingen, og at fuldt ud praktiske Resultater naaedes langt senere med Dampvognen end med Dampskibet, er let at forstaa. Medens en Waltsk Dampmaskine med Kondensator, Balance o. s. v. nok kunde finde Plads i et Skib, lod det sig ikke gøre at anbringe den paa et Køretøj. Alle de ovenfor nævnte Konstruktører af Dampvogne havde da ogsaa udeladt Kondensatoren og ladet den brugte Damp gaa fra Cylinderen umiddelbart ud i Luften; de havde med andre Ord benyttet Højtryksmaskiner (se S. 18). Men der maalte endnu overvindes mange Vanskeligheder, inden det lykkedes at bygge en Dampmaskine med Kedel og ildsted samtidig saa sammentrængt og saa solid, at den egnede sig til at rulle afsted paa Hjul, og tillige saa kraftig, at den kunde trække en Række tunge Vogne efter sig, selv paa en Bane med nogen Stigning. — Det var Englænderen Stephenson (stivensen), der løste Problemet.

Fig 236. George Stephenson.

George St<phenson (1781—1848) var Søn af en Fyrbøder ved en Newcomensk Maskine, som drev et Pumpeværk i en Kulgrube i Nærheden af Newcastle. Hans Forældre var for fattige til at lade ham gaa i Skole, og først da han i en Alder af 17 Aar fik det Hverv at tilse Maskinen og Pumperne, fik han Raad til i en Aftenskole at skaffe sig Undervisning i Læse-, Skrive- og Regnekunsten. 20 Aar gammel blev han »Bremser« ved Kulgruberne, et ansvarsfuldt Hverv,

da Bremseren skulde sørge for, at der ikke skete nogen Ulykker ved Grubekurvenes Op- og Nedhejsning. Kort efter giftede han sig; men hans Hustru døde efter 4 Aars Forløb; han satte da sin lille Søn i Pleje og drog selv til Skotland, hvorfra han havde faaet Tilbud om at passe en Watts Maskine.

Længslen efter Sønnen førte ham hurtigt tilbage til hans gamle Plads; men den Kundskab, han havde vundet til Watts Dampmaskine, kom ham her snart til Gode. Der skulde nemlig opstilles en Newcomensk Maskine til Udpumpning af Vandet i en ny Kulmine, men man arbejdede i et helt Aar forgæves paa at faa Gruben tør. Da tilbød Stephenson, at han vilde paatage sig at skaffe Vandet bort i Løbet af en Uges Tid. Han fik Lov at gøre Forsøget, og ved at indføre forskellige Forbedringer ved Maskinen lykkedes det ham at faa Gruben tør i Løbet af 6 Dage. Derefter fik han Ansættelse som Maskinmester.

Da Sønnen Robert voksede til, sørgede Faderen for, at han fik saa god Undervisning som muligt, han maatte hver Dag ride den lange Vej ind til Newcastle for at gaa i Skole, og Fader og Søn blev nu hinandens Læremester. Stephenson gennemgik om Aftenen sammen med Robert dennes Lektier og fik paa denne ejendommelige Maade indhentet, hvad han havde maattet forsømme i sin Barndom. Tillige læste de sammen tekniske og videnskabelige Værker, som Robert heitede fra et Bibliotek i Newcastle, og Faderen kunde her paa mange Maader yde sin Søn værdifuld Hjælp; han lærte ham f. Eks. »at læse en Tegning fra Bladet« uden først at se Teksten, en Øvelse, der sikkert har haft sin Andel i, at Robert Stephenson blev Verdens berømteste Brokonstruktør.

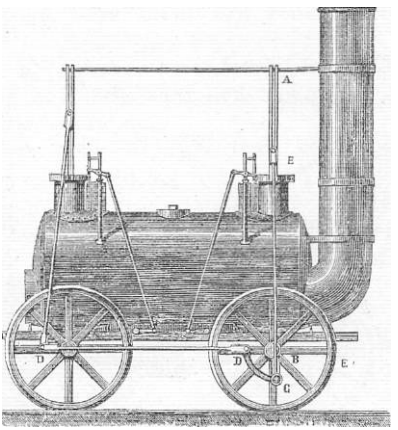


Fig. 237. Stephensons første Lokomotiv.

Blackets foran omtalte Forsøg med Dampkørsel paa Jærnskinner fandt Sted i Nærheden af Stephensons Hjem. Han fulgte dem med megen Interesse, og da han hurtigt fik Øjet op for væsentlige Fejl ved Dampvognens Konstruktion tilbød han Ejerne af Killingworth-Minen, ved hvilken han var ansat, at bygge en bedre Køremaskine. Resultaterne af hans Arbejde blev det Lokomotiv, som er afbildet i Fig. 237, og som kan betragtes som Grundtypen for alle senere Lokomotiver.

Uden at anvende en høj Skorsten fik Stephenson tilvejebragt godt Lufttræk gennem Ildstedet, idet han lod Spildedampen strømme ud i Skorstenen og rive Luften med sig til Vejrs. Han anbragte end-

videre Kedel og Maskine paa Fjedre, hvorved Stød og Rystelser fik mindre Indflydelse. Han sammenkoblede For- og Baghjulene (ved Stangen ***DD),*** saa at Hjulene blev t/unget til at følges ad og derfor vanskeligere kunde glide paa Skinnerne; og han anvendte to Cylindre, hvis Stempler hjalp hinandens Krumtappe over de døde Punkter (se S. 16). Han sørgede endelig for at gøre Ildpaavirkningsfladen betydeligt større end i de ældre Dampvogne; dog var det ikke Stephenson, men som nævnt S. 273 Franskmanden Marc Séguin, der fik den Idé at anvende Ildrør i dette Øjemed. Séguin fik imidlertid Tanken under Forsøg med et Stephensonsk Lokomotiv, der 1828 var kommet til Frankrig, og Stephenson optog straks Idéen og indlagde en Rørkedel i det berømte Lokomotiv »Raketten«, som omtales i det følgende.

Efter at Stephensons første Lokomotiv var kommet i Brug ved Killingworth-Minen, indførtes det i de følgende Aar paa flere andre Skinneveje. En regelmæssig Personbefordring ved Dampkraft indførtes første Gang i 1825 paa en Skinnevej, der var anlagt mellem Kulminerne ved Darlington og Kystbyen Stockton.

Hermed havde Dampkørslen dog endnu ikke vundet den endelige Sejr, som skulde aabne Verden for den. For det første var der mange Steder megen Uvilje mod den ny Ildvogn; man mente, at dette Uhyre vilde forstyrre Husdyrenes Ro; Gnisterne fra det vilde tænde Husene i Brand, og Røgen kvæle Plantevæksten; vilde man ovenikøbet, som det var paa Tale, lade det svære Køretøj fare af Sted med en saa urimelig F"art som 4 Mil (30 Km.) i Timen, maatte det nødvendigvis ogsaa volde andre Ulykker. Men desuden næredes der endnu af Teknikerne megen Tvivl om Lokomotivels Værdi som Trækmiddel. Da der skulde lægges en Skinnevej mellem de to store Byer Manchester og Liverpool, var der slet ikke Enighed om, at man burde anvende Lokomotiver paa denne vigtige Bane, som forøvrigt blev anlagt under Stephensons Ledelse. For at faa Klarhed over dette Spørgsmaal udsatte Banebestyrelsen en Belønning af 9000 Kr. for den, der kunde konstruere det bedste Lokomotiv, som opfyldte visse Betingelser.

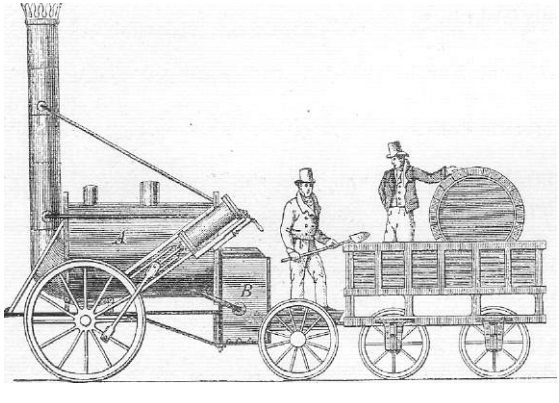


Fig. 238. -Raketten«.

Til Konkurrencen den 6. Okt. 1829 var der anmeldt flere Lokomotiver, deriblandt »The Rockett« (Raketten), bygget af Stephenson og »Novelty- (Nyheden), hvis Konstruktion skyldtes John Ericsson (se S. 270). Dette sidste svarede godt til sit Navn, da det afveg meget fra tidligere Konstruktioner. Lufttrækket gennem Ildstedet frembragtes af Blæsebælge, som Maskinen selv trak, og Lokomotivet havde derfor næsten ingen Skorsten, det var endvidere meget elegantere udstyret end »Raketten«, og da det tillige kørte hurtigere ved den første Prøvetur, syntes Sejren det vis. Men Dagen efter kunde det ikke give Møde, fordi blæsebælgene var i Uorden, og Kedlen var sprunget i Sammenføjningerne. Stephensons meget solidt konstruerede Lokomotiv var derimod fuldstændig arbejdsdygtigt og naaede en Fart af over 50 Kilometer (7 Mil) Timen, hvad der var adskilligt mere end Ericssons havde præsteret, Fig. 238 viser Lokomotivet »Raketten« med den tilhørende Tender, d. v. s. Vogn til Kul og Vand.

Forsøgene med Raketten« overbeviste de tvivlende om Dampkørselens Fortrin, og efter at den var indført paa Manchester-Liverpool-Banen, blev der snart paabegyndt store Jærnbaneanlæg baade i England og paa Fastlandet. Stephenson blev Raadgiver for de fleste Stater ved deres første Baneanlæg, og det skyldtes navnlig ham, at de fra først af blev bygget saa solidt, at man undgik Skuffelser. Han og hans Søn Robert gik ogsaa i Spidsen, hvor det drejede sig om at overvinde Naturhindringer; for at føre Banelinjen frem lagde de Dæmninger over Moser, borede Tuneller gennem Høje og slog Broer over Vandløb.

Da Brobygningen har haft en ganske overordentlig Betydning for lærnbanevæsenets Udvikling og omvendt, skal her nævnes nogle af de vigtigste Fremskridt paa dette Omraade.

Allerede i Oldtiden forstod man godt at lægge Bro, selv naar den skillende Vandstrækning var baade bred og dyb; men det var da en Flydebro, lagt over en Række forankrede Baade eller Flydere af anden Art Særlig berømt er den Skibsbro, ad hvilken Perserkongen Xerxes omtrent et halvt Aartusinde før vor Tidsregning førte sine Hærskarer over Hellesponten fra Asien til Europa.

I Romerriget byggedes imidlertid ogsaa over Floder og Dalsænkningerne mægtige faste Broer med murede Stenhvælvinger, der var saa solidt udførte, at de flere Steder har holdt sig til vore Dage. Men da Stenbuerne kun kunde spænde temmelig kort, var det mange Steder nødvendigt at opføre lange Rækker af Buer, undertiden endog 2—3 Stokværk over hinanden; det betegner derfor et Fremskridt af vidtrækkende Betydning, at man i Slutningen af det 18de Aarhundrede i England begyndte at bygge Broer af Jærn, hvorved det blev muligt at naa langt større Spændvidder. Fig. 239 viser den ældste Jærnbro (fra 1779; se S. 102); den er endnu i Brug. Fra først af benyttedes Støbejærn; men i det 19de Aarhundrede har Støbejærnet maattet vige for det langt stærkere

Smedejærn eller Staal*). Paa Slaalbroernes sejge, luftige Væv farer Nutidens Banetog hen over Hindringer, som vilde spotte ethvert Forsøg paa at bygge en Stenbro.

Ved de første Jærnbroer efterlignede man Stenbrobygningen, forsaavidt som man lod Brobanen blive baaret af en Jærnbue, hvis Støttepunkter laa langt dybere end Brobanen. Ogsaa i vore Dage bygger man Jærnbuebroer, ofte n ed mægtige Spændvidder; ved Niagara bæres en Jærnbanebro af en Staalbue, der spænder over 250 M. Buebroer anvendes især, hvor det er muligt ved en enkelt Bue at overspænde en Sænkning i Terrænet, men ogsaa i andre Tilfælde, bl. a. af Skønhedshensyn. Ved Broer, der skal føre over en bredere Flod eller Havarm, opfører man i Reglen en Række Piller, som naar op omtrent i Højde med Brobanen, eller manske højere endnu, og mellem to Piller anbringes saa et langt Jærnbjælkeværk, hvis Ender bæres af Pillerne.

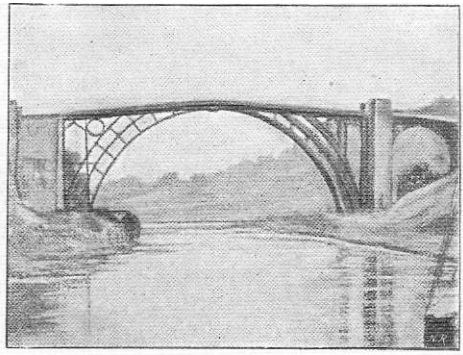


Fig. 239. Den ældste Jærnbro (Buebro).

Ved Konstruktionen af detle Bjælkeværk gælder det om i saa høj Grad som muligt at forene Styrke og Lethed

Flere af Robert Stephensons store Jærnbanebroer, — bl a. den henimod 500 M. lange Britanniabro fra Wales til Øen Anglesea — bestod af et eneste af Jærnbjælker og Jærnplader sammennitlet firkantet Jærnrør,som

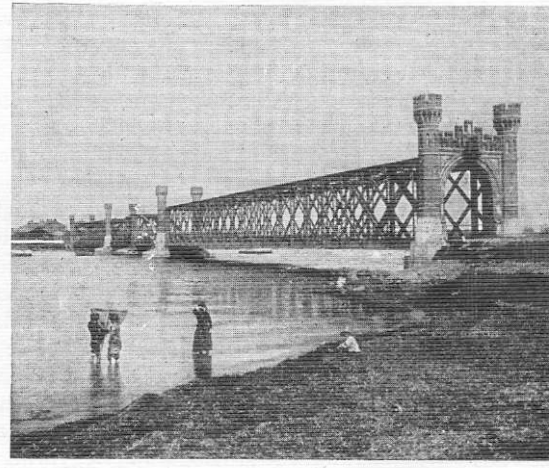


Fig. 240. Masnedsundbroen (Gitterbro med firkantet Tværsnit).

*) "Staal" bruges nu ofte som Fællesbetegnelse for alt smedeligl Jærn, der vindes i smeltet Tilstand (f. Eks. ved Bessemerovneu).

var ført gennem Aabninger i de murede Bropiller. Brobanen dannedes af Rørets Bund, saa at Togene kørte i Rørets Indre.

Ved Rørbroerne bruges der imidlertid mere Jærn end fornødent. Et Jærnbjælkeværk der i Hovedsagen bar Form som et firkantet Rør, kan med ringere Materialforbrug — og altsaa ringere Vægt — faa samme Styrke, naar Rørets lodrette og vandrette Sider ikke er lukkede Flader men dannes af et Gitterværk af Bjælker af passende Form og Styrke, hertil kommer saa der< Fordel at et Tog der kører inde i et Gitterværk, kan faa "lgelig Luft og Lys Rørbroerne maatte derfor vige for Gitl erbroerne Danmark er Jærnbanebroen over Limfjorden ved Aalborg og til Dels Broen over Masnedsund kendte Eksempler paa Gitterbroer med firkantet Tvær snit. Da det særlig er de høje lodrette Sider af en saadan Gitterkonstruktion, der giver denne tilstrækkelig Stivhed til at bære sin egen og Togenes Vægt uden at bøjes kendeligt, gælder det navnlig om at gøre disse Dele, der kaldes Brodragerne, stærke, og naar de forneden er forbundet med hinanden ved Brobanen, kan man forøven nøjes med en let Afstivning imellem dem; ofte er dette ikke en Gang fornødent. Dragerne behøver ikke at være lige høje i hele deres Længde, det er endogsaa fordelagtigst at gøre dem højest paa Midten . da dette nu kan opnaas ved mange forskellige Former, og Brobanen tillige kan anbringes paa forskellig Vis er der efterhaanden opstaaet en stor Mængde fra hinanden afvigende Brokonstruktioner med Gitterdragere

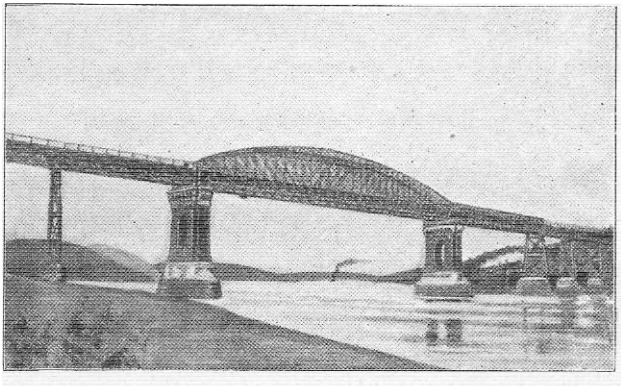


Fig. 241. Bro over Minnesund i Norge (buede Gitterdragere).

I den nyere Tid bygger man ofte Cantileverbroer eller Udliggerbroer, hvor hver Bropille Dærer en Udligger, d. v s. et Jærnbjælkeværk, der har sin største Højde over Pillen og fra denne med aftagende Højde strækker sig langt ud mod begge Ender af Broen. Mellem Enderne af to Udliggere, der fra to Nabopiller vender mod hinanden, kan der ofte være et langt Mellemrum, som da udfyldes ved et indføjet Mellemstykke. Broen over Firth of Forth i Skotland (Fig. 242) er et Eksempel paa en Cantileverbro med indskudte Mellemstykker; da det Underlag, hvorpaa de vældige Udlig-

gere hviler, her ligger dybt under Brobanen, faar Broen tillige noget fælles med en Buebro. Ved de fleste Udliggerbroer er Pillerne ført omtrent helt op i Højde med Brobanen. Forthbroen. der fuldførtes i 1890, er en af Verdens mægtigste Broer, dens hele Længde er ca. $2^1/_2$ Km., og to af dens Aabninger er hver over en halv Kilometer lange (521 M.). En større Spændvidde naas kun af en ganske ny Bro over Lawrencefloden i Kanada; ogsaa denne Bro er en Cantiieverbro.

I Nordamerika havde man allerede i Slutningen af det 18de Aarhundrede paa en helt anden Maade søgt at overspænde store

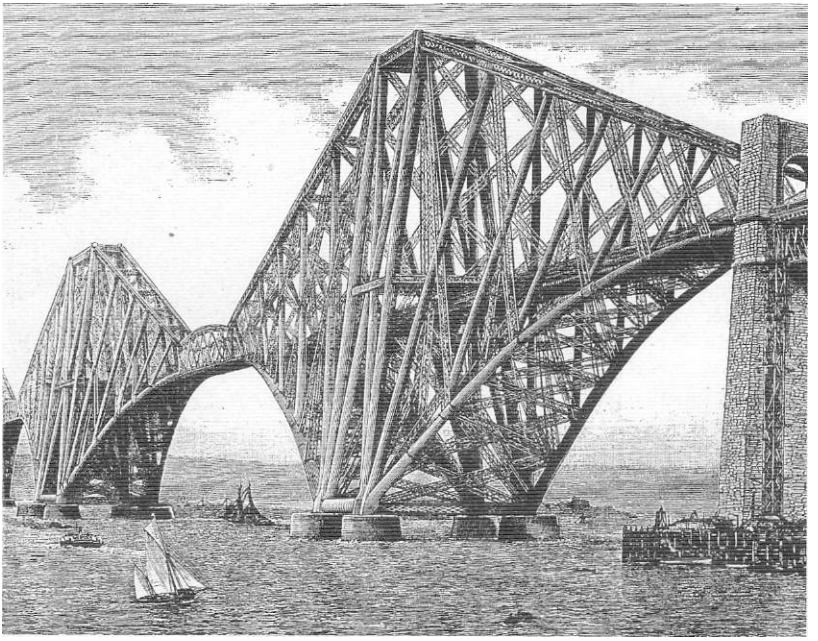


Fig. 242. Forthbroen (Udliggerbro).

Aabninger. Mellem to høje Taarne hængte man i svage Buer to parallelle Jærnkæder, hvis Ender var ført over Taarnene og fastgjort uden for dem ; ved lodrette Stænger eller Tove ophængtes saa Brobanen i disse Kæder. Senere er der konstrueret mange mægtige Hængebroer, som dog adskiller sig fra de første derved, at Jærnkæderne er erstattede af Staalkabler, bestaaende af mange Staaltraadstove, hvert igen sammensnoet af talrige enkelte Traade; endvidere er de Tove, som fører fra Kablerne ned til Brobanen, undertiden skraa i Stedet for lodrette.

De største Hængebroer i Verden er de to, som fører over East

River fra New York lil Brooklyn. Ved dem begge er der mellem to af Strømpillerne en Spændvidde af omkring en halv Kilometer. Den sidste, der først er fuldført for kort Tid siden, udmærker sig tillige ved sin enestaaende Bredde — 36 M. Yderst har Brobanen ved begge Sider Kørebaner for almindelige Vogne; mellem disse Kørebaner er der Plads til 6 Spor for Sporvogne og lette Banetog, og oven over Sporvejene findes der to Veje for Fodgængere og to Cyklebaner. Man vil forstaa, at der maa solide Kabler til at bære $^1/_2$ Km. af en saadan Bro; de 4 Hovedkabler indeholder tilsammen saa megen Staaltraad, at det omtrent kunde spænde omkring Jordkloden ved Ækvator.

Fig. 243. Den ældre Hængebro over East River.

Begge disse Broer er hævet saa højt over Vandspejlet, at de største Skibe kan sejle under dem. Dette er naturligvis Idealet, hvor en Bro skal spænde over et besejlet Farvand; men det bliver ofte altfor bekosteligt eller endog rent umuligt, og man maa saa hjælpe sig med Svingbroer, hvor en Del af Broen kan svinges ud til Siden, Klapbroer med Klapper, der kan rejses i Vejret, Løftebroer, hvor en Del af Broen kan løftes i vandret Stilling, eller med andre Konstruktioner.

Det vanskeligste og langvarigste Arbejde ved Bygning af en Bro, er ofte Opførelsen af Bropillerne, navnlig naar de skal bygges i dybt Vand, og det er jo netop for saa meget som muligt at undgaa dette Arbejde, at man anvender store Spændvidder. Naar man i Oldtiden eller Middelalderen skulde bygge Bropiller i et Vandløb, søgte man, hvor det kunde ske, at lede Floden ad en anden Vej, medens Arbejdet stod paa; andre Fremgangsmaader bestod i at danne en Grundvold for Pillen ved Nedsænkning af talrige store Stenblokke eller ved at ramme Pæle ned i Vandet og forbinde dem

foroven ved et Bjælkeværk. Ogsaa i vore Dage kan Metoder af lignende Art benyttes; ved Nutidens kraftigt virkende Pumper lader det sig desuden mange Steder gøre, selv ved temmelig høj Vandstand, at tørlægge og tørholde en »Byggegrube«, der beskyttes ved Fangedæmninger. Størst Betydning af Nutidens Metoder til Fundering paa Hav- eller Flodbund, har dog Arbejde ved Dykkerklokkeh.

Fig. 244 viser et Gennemsnit af en Dykkerklokke, der blev brugt ved Funderingen af Bropillerne til Knippelsbro i København, Den hele Dykkerklokke er en stor Jærnkasse uden Bund; det egentlige Arbejdsrum C fortsætter sig opad i et noget smallere cylindrisk Rum ***B,*** der er lukket foroven. Vandet holdes ude af disse Rum ved Indpumpning af Luft, som stadig bobler ud forneden. Samkvemmet mellem det fri og Dykkerklokkens Indre, hvor Lufttrykket er stort, foregaar paa en Maade, som minder noget om Skibsfærdselen gennem Slusekamre (S. 283). En Arbejder, der skal ned i Dykkerklokken, gaar først ind i et Forkammer eller »Luftsluse« *A* og lukker Indgangslemmen lufttæt efter sig; dernæst aabner han en Hane ind til ***B,*** saa at Luften derfra strømmer ind i ***A,*** indtil Trykket i ***A*** er blevet ligesaa stort som i ***B*** og C; han aabner da Lemmen *b* og stiger ned til Bunden. Paa lignende Maade kommer han op; Materialier, der hejses op eller ned, maa ligeledes passere en Luftsluse. Ved Personers Op- og Nedgang maa man sørge for, at Lufttrykket ikke falder eller stiger for hurtigt under deres Ophold i Luftslusen; navnlig naar der arbejdes paa store Dybder, hvor Lufttrykket maa være stort for at holde Vandet ude, er det nødvendigt, at Arbejderne faar Tid til at vænne sig til Overgangen. — Ved Bygningen af Jærnbanebroen over Limfjorden ved Aalborg maatte en af Pillerne funderes paa omtrent 33 Meters Dybde; og hernede krævedes til at holde Vandet ude et Tryk henimod $4^{x}/_{2}$ Gange Atmosfærens.

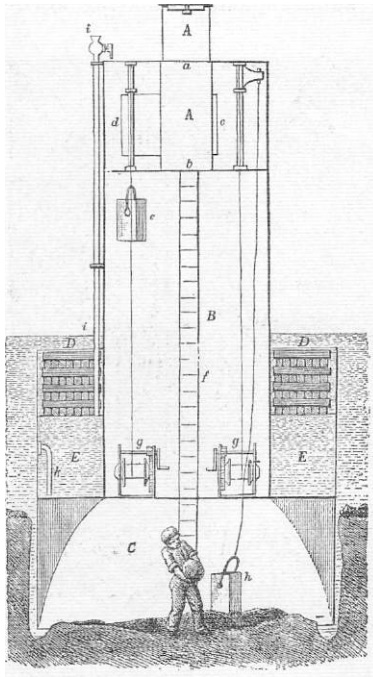


Fig. 244. Fundering ved Dykkerklokke.

Ved Bygning af Bropiller under Vandet er Hovedmassen af Materialet næsten altid naturlige Sten eller Beton, d. v. s. en af Cement (S. 110), Sand, Smaasten m. m. under Tilsætning af Vand dannet

Masse, som hærdner under Vand. Den Del af Bropillen, som er over Vandfladen, kan bygges af Staal, og naar man ved de fleste Broer foretrækker murede Piller, er det væsentligst af Skønhedshensyn. Paa blød Bund funderer man undertiden en Bro ved at skrue Jærnrør dybt ned i Bunden; ligesom ved Boringer (S. 95) skrues der stadig nye Rørstykker til fra oven, efterhaanden som Røret synker. Ved et Tunnelanlæg, som skal udføres under Hudsonfloden ved New York, skal det af Jærn og Beton dannede Tunnelrør eller rettere Baneunderlaget i dets Indre hvile paa saadanne Børpiller, der gennem Tunnelrørets Bund bliver skruet ned til den faste Undergrund eller i alt Fald saa dybt ned, at de sikkert kan bære Trykket fra de tunge Banetog; det bliver altsaa i Virkeligheden en Jærnbanebro, som bygges helt nede i Mudderet, og hvis Brobane er omgivet af et Tunnelrør.

Inden vi forlader Brobygningen, skal det endnu blot nævnes, at man i den nyere Tid adskillige Steder har bygget Buebroer med betydelige Spændvidder (over 60 Meter) af det »armerede Beton*, som er opfundet af en fransk Gartner Monnier for ca. 30 Aar siden, og som bestaar af Beton med indlagt Jærn. Ogsaa ved Stenbroer af naturlige Sten har Nutidens Teknik formaaet at naa anselige Spændvidder (over 80 M.).

Naar det ikke er Vand eller Kløfter, men tværtimod Bjærge, der stiller sig i Vejen for Jærnbanens Fremtrængen, kan man vel nogle Steder lade Togene klatre over Bjærgene, idet man fører Banelinjen i Slangebugtninger og derved sørger for, at der ikke bliver for stærke Stigninger. Tillige kan man anvende Tandhjul og Tandstang som ved de første Baner (se S. 288) eller træffe andre Forholdsregler mod Glidning af Drivhjulene.

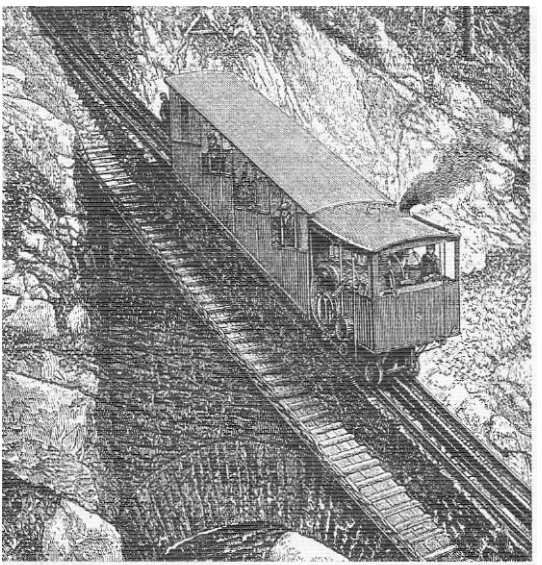


Fig. 245. Tandhjulsbane.

Fig. 245 viser en Tandhjulsbane, som er anlagt paa Bigibjærget i Svejts. Ofte anlægges Kabelbaner, hvor Togene trækkes til Vejrs ved et Tov; man kan da i mange Tilfælde forbinde et opad-

gaaende Tog saaledes med et nedadgaaende, at det sidste hjælper med at trække det første op.

Men vor Tid vil den korteste Vej, og den gaar tværs igennem Bjærget. Hvor store økonomiske Interesser kommer med i Spillet, viger Nutidens Ingeniørkunst ikke tilbage for at føre milelange Tunneler gennem Granit.

Hovedarbejderne ved Tunnelbygning gennem det faste Fjæld bestaar i Boring og Sprængning; hvorledes disse Arbejder udføres ved Boremaskiner og ved Sprængstoffer er omtalt under Bjærgværksdrift i Afsnit IV. Men ved lange Tunneler opstaar der mange Vanskeligheder af særlig Art.

For det første maa Tunnelens Retning bestemmes ved omhyggeligt udførte Maalearbejder hen over Bjærget; det er et forbavsende Vidnesbyrd om Maalekunstens høje Standpunkt, at man støttende sig til disse Maalinger kan begynde Tunnelen fra begge Sider af Bjærget og mødes i dets Indre, uden at Midterlinjerne af de to Tunnelgange herinde er kommet til at afvige mere end faa Centimeter fra hinanden, selv om de er en Milsvej lange som ved St. Gotthardt tunnelen.

Endvidere maa der træffes Foranstaltninger til Ventilering af Tunnelen under Arbejdet. Ved den 20 Km. lange Simplontunnel, som nu nærmer sig sin Fuldendelse, anlægger man jævnsides med Hovedtunnelen en mindre Ventilationstunnel, der forøvrigt tænkes udvidet til fuld Størrelse en Gang i Fremtiden. Mellem de to Tunneler føres Sidegange med visse Mellemrum, og stærke Ventilatorer driver en kraftig Luftstrøm ind gennem den lille Tunnel, hvorfra den gennem den inderste Sidegang, som alene holdes aaben, gaar ind i den store Tunnel og tilbage gennem denne. En Del af Luftstrømmen føres ved særlige Sugeapparater ind i den inderste Del af Tunnelgangen fra den sidste Sidegang til Arbejdsstedet.

Andre Vanskeligheder ved Tunnelbygningen kan voldes af den høje Temperatur i Bjærgets Indre og af Vandmasser, der bryder ind i Tunnelen. Netop ved Simplontunnelens Bygning har disse Vanskeligheder antaget en meget alvorlig Karakter og forhindret, at Arbejdet blev færdigt i Foraaret 1904, som det var bestemt. Man var forberedt paa at træffe en Stentemperatur af 40° C. (32° R.), men Temperaturen er gaaet en halv Snes Grader højere til Vejrs. For at holde Lufttemperaturen paa Arbejdsstedet nede paa 25^0 C. førte man, foruden Vandet til den hydravliske Boremaskine, koldt Vand ind gennem en særlig Ledning, der var omgivet af godt varmeisolerende Stoffer, og lod det gennem Bruser strømme ud i Luften. Endda har man maattet gribe til ekstraordinære Afkølingsmidler som at sende en Afkølingsvogn med Is i et Rørsystem ind til Enden af Tunnelen; her førtes Luften saa ved en Ventilator hen over Isrørene.

Simplontunnelen vil, naar den er fuldendt, være Verdens længste Tunnel; men der findes i Alperne flere andre meget lange Tun-

neler som St. Gotthardttunnelen (15 Km), der ligesom Simplontunnelen forbinder Svejis med Italien, Mont Cenistunnelen (12 Km.) mellem Italien og Frankrig, Arlbergtunnelen (10 Km.) i Tyrol o. fl., foruden utallige mindre. Blandt Tunnelanlæggene i Svejts er der endnu Grund til at nævne dem, der udføres paa den saakaldte Jomfrubane, hvis Endemaal det er at føre Turister paa en let og bekvem Maade til Toppen af det over 4000 M. høje, næsten utilgængelige Bjærg »Jomfruen«, væsentlig gennem Tunneler. Det maa dog bemærkes, at selv om denne Bane allerede paa sit nuværende Standpunkt er den mærkeligste og anseligste af alle Turistbjærgbaner, saa er den dog endnu meget langt fra at naa det angivne Maal.

Ogsaa i Norge er der udført anselige Tunnelarbejder, navnlig paa Kristiania-Bergen-Banen, hvor den 5,3 Km. lange Gravehalstunnei blev gennemført i 1902.

For en Del Aar siden havde man ikke blot paatænkt, men endogsaa begyndt paa at anlægge en Tunnel under Kanalen mellem England og Frankrig. De tekniske Vanskeligheder ved dette Foretagende syntes ikke at være uovervindelige, og Bekostningerne derved var i alt Fald efter de lagte Planer ringe i Forhold til en saadan Tunnels Betydning. Naar Arbejdet blev standset, skyldtes det politiske Grunde — Englændernes Frygt for at faa deres Ørige landfast med det øvrige Euvopa. Senere er der dukket mange andre Planer op om Tunneler under Havarme — fra Spanien til Afrika, fra England til Irland, fra England til Øen Wight, og endelig under de danske Sunde, saa at den skandinaviske Halvø fik Landforbindelse med det sydlige Europa. Af de sidstnævnte Tunneler har den under Lille Bælt været under alvorlig Overvejelse; men saavel en Tunnel som en Bro vilde koste mange Millioner, og foreløbig er disse Projekter lagt til Side. En Slags Jærnbaneforbindeise over de danske Sunde er jo imidlertid oprettet for mange Aar siden ved Hjælp af Dampfærger, der kan føre Banetog over dem, og paa dette Omraade Lar Danmark været et af Foregangslandene.

Af Tunneler under Floder er der bygget adskillige i Tidens Løb, men da de for Størstedelen er anlagt i Byer, skal de først omtales sammen med Samfærdselsforholdene i Byerne.

Europa er forlængst blevet gennemkrydset af Jærnbaner i mange Retninger. I Nordamerika aabnedes i 1869 den første Banelinje, der førte fra Østens stærkt befolkede Kolonier til Vestens guldrige Fremtidslande, og siden er der bygget flere andre Baner fra Øst til Vest (Pacifikbanerne) saa vel som fra Nord til Syd i De forenede Stater. Og nu staar Asien og Afrika for Tur.

Med uhyre Bekostning har Rusland ført Jærnbanen gennem Sibiriens Ødemarker, saa at en sammenhængende Skinnestræng af 12 000 Kilometers Længde vil forbinde Atlanterhavet med Stillehavet, saa snart Banelinjen Syd om Bajkalsøen er fuldført; indtil den Tid maa Togene føres over Søen, om Sommeren paa mægtige Dampfærger, om Vinteren paa Skinner over Isen. Militære Hensyn har spillet

en stor Rolle for Rusland ved Baneanlægget, og det skulde hurtig faa en blodig Indvielse; men der kan ikke være Tvivl om, at Banen med Tiden vil faa en mægtig Betydning baade for Sibiriens Udvikling og for Samkvemmet mellem Europa og Østens gamle Kulturstater, — mest for Samfærdselen, mindre for Godstrafikken, der i alt Fald for de grovere Varers Vedkommende sikkert vil blive ved' at foregaa Syd om Asien.

I Asien er endvidere i de senere Aar udført, paabegyndt eller planlagt mange andre Baner, særlig i Kina. I Mellemasien har Russernes Baneanlæg nærmet sig saa meget til Englændernes indiske Banenet, at det næppe vilde vare mange Aar, inden Europa var i Baneforbindelse med Indien, 0111 ikke de to Stormagters gensidige Mistro dannede en Skranke, langt mere uoverstigelig end Mellemasiens Bjærge. Vejen til Indien vil imidlertid blive forkortet betydelig, naar den saakaldte Bagdadbane, der anlægges af et tysk Selskab gennem Lilleasien og det gamle Mesopotamien, en Gang bliver færdig; en Bro over Bosporus vil da gøre det muligt at køre paa Jærnbane fra Europa til den persiske Havbugt. Man haaber tillige, at Bagdadbanen vil give Anledning til en ny Opblomstring af Egnene om Evfrat og Tigris, hvor fordum de rige Kulturlande, Babylonien og Assyrien havde deres Midtpunkt.

I de sidste Aar har man navnlig i Amerika, som det synes for Alvor drøftet et meget dristigt Baneprojekt, som gaar ud paa at føre en Sidebane fra den transibiriske Bane op til Asiens nordøstlige Hjørne ved Beringsstrædet; en Tunnel under Strædet skulde saa forbinde Asien med Amerika, og gennem Alaska og Kanada skulde Banen føres ned til det nordamerikanske Banenet. Der vil dog nok gaa en god Stund endnu, inden man kan foretage Rejsen fra Paris til New York paa Jærnbane gennem Europa, Asien og Amerika og ikke behøver at sætte sine Ben paa et Skibs Planker. Naar den Tid kommer, vil man maaske kunne rejse Jorden rundt paa en Maanedstid; foreløbigt kan Turen næppe gøres paa stort mindre end 7 Uger, selv naar den sibiriske Bane er aaben for Samfærdselen.

Ogsaa i Afrika er der bygget Baner af anselig Længde. Allerede nu kan man køre paa Jærnbane fra det indiske Ocean til Nilens Kilder og fra Kapstaden omtrent til Sambesefloden med de mægtige Viktoriafald, hvis uhyre Arbejdskraft maaske en Gang gennem elektriske Ledninger skal spredes over store Dele af Sydafrika, drive Fabrikker og Jærnbaner og oplyse talrige Stæder. Og den Tid synes ikke fjærn, da man med Damper og Banetog vil kunne rejse gennem »det mørke Fastland« saa vel fra Vest til Øst som fra Nord til Syd.

Samtidig med at man har spundet Jærnbaneskinncrnes Net tættere og tættere i alle Europas Lande, er Lokomotivernes Trækkraft og Togenes Hurtighed stadig vokset.

Ved mange forskellige Forbedringer, som vi ikke skal gaa ind paa, har man givet Lokomotivmaskinen større Arbejdskraft, og tillige

er Lokomotivets Vægt blevet mangedoblet. Medens »Raketten« vejede 4 1/4 Tons, vejer de danske Statsbanelokomotiver i Reglen 40—50 Tons, og i Amerika bygges ofte Lokomotiver paa 100 Tons, ja undertiden endnu mere. Et Lokomotivs Vægt er af væsentlig Betydning for dets Trækkraft; et langt Tog af tunge Godsvogne vilde nemlig ikke kunne føres frem af et let Lokomotiv, selv om det havde stor Maskinkraft; denne vilde nemlig blot faa Hjulene til at glide paa Skinnerne. Det kommer her naturligvis kun an paa den Del af Lokomotivvægten, som bæres af Drivhjulene, d. v. s. de Hjul, som ved Plejl- og Kobbelstænger tvinges rundt af Maskinen; i Reglen har Lokomotivet ogsaa Løbehjul, som ikke er forbundet med Maskinen. Fig. 246 viser et amerikansk Kæmpelokomotiv med 4 Par Drivhjul og 1 Par Løbehjul.

Paa Manchester-Liverpool-Banen rummede de første Godsvogne

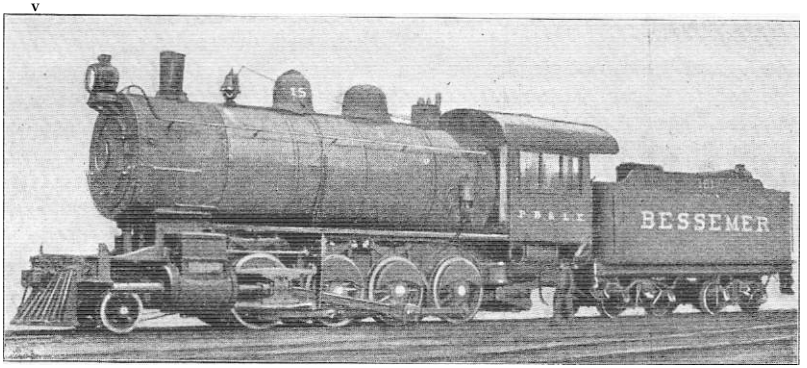


Fig. 210. Et amerikansk Kæmpelokomoliv.

2 Tons; nu er 10—15 Tons en almindelig Belastning. Alligevel bliver det kun en ringe Last, et Godstog kan bære, hvis vi i denne Henseende vil sammenligne det med et stort Skib. Mer end 10 lange Godstog paa 40 Vogne, hver med 10 Tons Kul, maatte afgive deres Ladning til »Kaiser Wilhelm II«'s Kulrum, før dette Skib (S. 275) havde Kul nok til en Rejse over Atlanterhavet.

Medens 30 Kilometer (4 Mil) i Timen fra først af blev anset for en anselig eller endog uforsvarlig Fart, tilbagelægger enkelte Tog nu gennemsnitlig 90 Km. i Timen, undtagelsesvis endog 100 Km.; endnu større Hastigheder paa 120—130 Km. eller mere kan undertiden naas paa kortere Strækninger.

Ved den hurtige og hyppige Kørsel paa Nutidens vigtigere Banestrækninger er det nødvendigt at træffe omfattende Sikkerhedsforanstaltninger for at undgaa Ulykkestilfælde.

For det første maa Toget kunne standses hurtigt. Det er hertil ikke tilstrækkeligt, at Lokomotivføreren standser Damptilledningen

til Maskinens Cylinder eller endog giver Kontradamp, d. v. s. tilleder Dampen saaledes, at den vilde drive Toget baglæns. Det regelmæssige Middel til Bremsning af Toget er Anvendelsen af »Bremseklodser«, som presses ned mod nogle af Hjulene, helst saa mange som muligt, hvis Toget skal standse hurtigt. Tidligere blev Klodserne altid ført ind mod Hjulene ved Hjælp af Mekanismer, der bevægedes med Haanden, men da man dog ikke godt kunde anbringe Personale' til Haandbremsernes Betjening i ret mange Vogne, maatte man for at kunne tilvejebringe en kraftig Bremsning af lange Tog finde paa andre Midler.

Et saadant Middel er Vakuumsbremsen, der sættes i Virksomhed ved Hjælp af en paa Lokomotivet anbragt »Ejektor«, d. v. s. en Slags Fortyndingsluftpumpe, hvor Luftsugningen fremkaldes af en Dampstrøm. Fra Ejektoren fører en lufttæt Ledning hen til Bunden af Cylindre, der er anbragt under Vognene; i disse Cylindre, som er aabne i den anden Ende, findes der lufttæt sluttende Stempler; normalt har de deres Plads ved den aabne Ende, men saa snart Lokomotivføreren ved at sende en Dampstrøm ind i Ejektoren suger Luften ud af Ledningen og dermed af Cylindrene, vil den ydre Lufts Tryk drive Stemplerne ind mod Bunden, og denne Bevægelse overføres ved Vægtstangsforbindelser til Bremseklodserne paa en saadan Maade, at disse trykkes mod Hjulene. — Den Slags Vakuumsbremser, der i Hovedtrækkene er beskrevet ovenfor, vil imidlertid blive ude af Stand til at virke, hvis Ledningen faar et Brud eller en Utæthed. De nyere avtomatiske Vakuumsbremser er derfor indrettet saaledes, at Bremseklodserne netop trækkes bort fra Hjulene, naar Luften pumpes ud af Bremseledningen, men trykkes mod Hjulene, naar Luften slippes ind i Ledningen; under Kørslen maa Ledningen altsaa holdes udpumpet, og Toget standser ikke blot, naar Føreren slipper Luften ind, men ogsaa hvis Ledningen faar en nogenlunde betydelig Utæthed; i mange Tog findes der i hver Kupé et »Nødbremsehaandtag«, og ved at trække i det kan man aabne en Klap paa en Gren af Bremseledningen, saa at Luften strømmer ind i denne og standser Toget.

Om Toget har fri Bane foran sig eller af en eller anden Grund skal standse, faar Lokomotivføreren at vide ved at betragte de Signaler, der gives fra Stationer og Signalposter, hyppigst ved Hjælp af bevægelige »Vinger« paa en høj Mast. I Danmark betyder en vandret Stilling af Vingen »Holdt« eller »Fare«; vender Vingen skraat opad, siger den »Fri Bane«, medens skraat nedad betyder »Kør langsomt«; om Natten betyder rødt Lys »Holdt«, hvidt Lys »Fri Bane« og grønt Lys »Kør langsomt«. — Ved den elektriske Strøm kan et Togs Afgang fra en Station meldes paa den følgende Station og alle mellemliggende Signalposter, saa at Sporskifter og Signaler kan indstilles og Bomme lukkes i rette Tid.

En yderligere Sikkerhed kan man opnaa ved det snildt udtænkte »Bloksystem«. I passende Afstand er der langs Banelinjen, som

her antages dobbeltsporet, indrettet Signalposter, mellem hvilke der bestaar en ejendommelig elektrisk Forbindelse. Paa hvert af Banens Spor kører Togene kun i en bestemt Retning, og hvert Spor har sit Sæt Signaler, naar nu et Tog passerer en Signalpost, hvor der var vist »Fri Bane« foi det paagældende Spor, stiller Banevogteren Signalet paa »Holdt«; men ved en dertil indrettet Mekanisme aflaases eller »blokeres« Signalet samtidig saaledes, at Vogteren nu slet ikke selv kan omstille det; ved Togets Passage forbi den næste Signalpost, slutter Banevogteren her, samtidig med at han stiller sit eget Signal paa »Holdt« og aflaaser det, en elektrisk Strøm, som laaser op for det aflaasede Signal paa den foregaaende Station, og først nu kan dette attei stilles paa »Fri Bane«. Ligesaa gaar det ved de følgende Signalposter. De rejsende og Personalet i et Tog, som kører mellem to saadanne Signalposter (Blokposter), kan altsaa være sikre paa, at intet efterfølgende Tog kan faa Lov at køre ind paa denne Strækning, før de har forladt den. Skulde Banevogteren et Sted forsømme at skifte Signal ved Togets Passage, vil Signalet paa den foregaaende Post blive staaende aflaaset paa »Holdt«; derved kan voldes Forsinkelser men ikke Ulykker.

Der er imidlertid endnu den Mulighed, at Lokomotivføreren ikke ser eller respekterer Signalerne. Man har derfor paa forskellig Maade søgt at gøre det umuligt for et Tog at køre forbi et Faresignal; det kan f. Eks opnaas paa den Maade, at samtidig med, at Signalet stilles paa »Holdt«, rejses der ude mellem Skinnerne en Ring eller andet Fremspring; naar et Tog kommer dertil, vil dette Fremspring støde paa en Stang, der er anbragt under Lokomotivet og ved Stødet sætter Vakuumsbremsen i Virksomhed. En anden Art avtomatiske Forbindelser mellem Tog og Signalposter gaar ud paa at lade Toget selv stille Signalerne; Toget kan f. Eks., idet det passerer bestemte Punkter af Banen, avtomatisk slutte en elektrisk Strøm, som ved Hjælp af smaa Elektromotorer stiller Signalet nærmest. ved Toget paa »Holdt« og samtidig det foregaaende paa »Fri Bane«; dersom man ydermere lod Strømmen rejse det før omtalte Fremspring ude paa Banen i Nærheden af »Holdt«-Signalet, havde man saaledes tilvejebragt en Ordning, ved hvilken ethvert Tog selv sørgede for at bremse et efterfølgende Tog, som kom det for nær. Disse og lignende Fremgangsmaader til avtomatisk Bremsning eller Signalstilling er dog endnu for største Delen kun paa Forsøgsstadiet, og har i alt Fald ikke vundet almindelig Udbredelse; det samme maa vel siges om de forskellige Midler til Telegrafering eller Telefonering mellem et kørende Tog og Stationer eller Signalposter. Enkelte Undtagelser nævnes senere.

Ind paa Stationer, hvor der er talrige Spor og Sporskifter, som ofte skal omstilles, bliver Sikkerhedstjenesten langt mere indviklet end ude paa Linjen. Paa store Stationer centraliserer man ofte Arbejdet, idet alle Sporskifter og Signalapparater ved Staaltraads- eller Jærnrørsforbindelser kan betjenes inde fra Stationsbygningen

eller et særligt Signalhus; her findes da en stor Mængde Haandtag, og Omstilling af et Sporskifte eller et Signal udføres ved Hjælp af det tilsvarende Haandtag. Man kan gøre flere Haandtag saaledes afhængige af hinanden, at et Signal umuligt kan stilles paa »Fri Bane«, inden Sporskifterne paa Togets Vej er stillet rigtigt. I Stedet for de mekaniske Staaltraads- og Jærnrørsforbindelser, kan man be: nytte elektriske Ledninger, idet man lader Strømmen stille Sporskifter og Signaler ved Hjælp af smaa Elektromotorer. Elektriciteten vil sikkert ogsaa her vinde Sejr over Mekanikken.

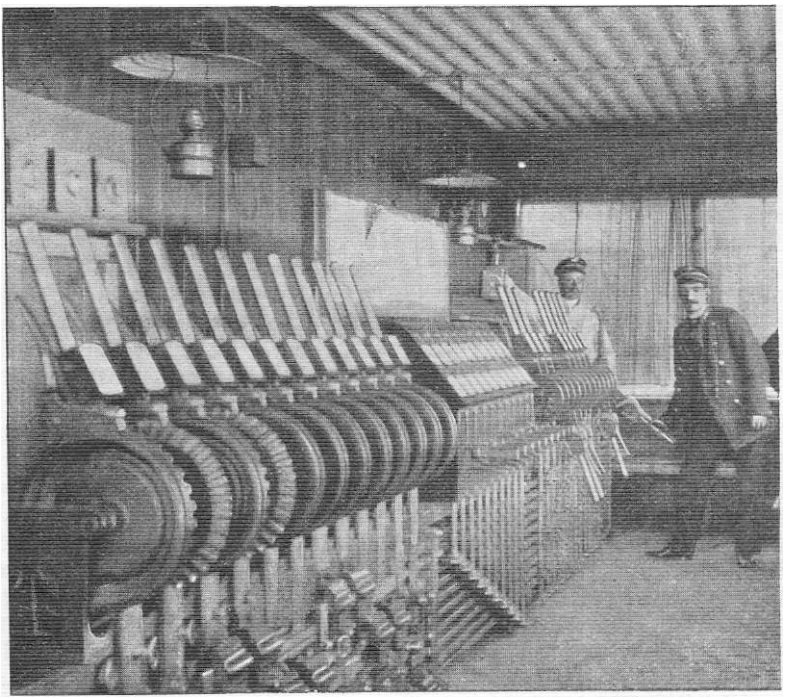


Fig. 247. Centralsporskifteapparat.

Medens Baneanlæggene og Togenes voksende Hastighed fik Afstanden mellem vidt adskilte Egne til at svinde ind, blev de fleste Afstande mellem Huse og Byer i en og samme snævert begrænsede Egn ved at beholde deres gamle Værdi, idet Færdselen paa Landevejene blev ved at foregaa paa væsentlig samme Maade som før Jærnbanernes Dage; en Mand, der bor nær en Station, kan ofte lettere og hurtigere komme til Byer mange Mile borte ad Banelinien, end til Slægt og Venner, hvis Huse ovre i Nabobyen han hver Dag har for Øje. Dette Misforhold begyndte Cyklen dog at

raade Bod paa ved Slutningen af forrige Aarhundrede, og meget kunde tyde paa, at Motorvognene, som i de allersidste Aar har vundet Indgang adskillige Steder paa Landet, i Forening med Cyklerne efterhaanden vil give Landevejssamfærdselen en ganske anden Karakter i det nye Aarhundrede end i det gamle.

Cyklens Historie eller i alt Fald dens Forhistorie gaar langt tilbage. Allerede for to, tre eller flere Aarhundreder siden er der af og til konstrueret Køretøjer, som ikke blev trukket af et Forspand, men af Personer, der befandt sig i selve Vognen og drejede Hjulene ved Hjælp af Haandsving eller Trædebrætter; men alle disse Køretøjer havde 4 eller 3 Hjul. Bicyklen (Tvehjulet) er derimod ikke 100 Aar gammel. Det var jo ogsaa en ret dristig Tanke at bygge et Køretøj kun med to bag hinanden anbragte Hjul, saa at det ligesom et trillende Tøndebaand kun kunde holde Ligevægten, naar det havde god Fart, og da Friherre von Drais i 1815 foreviste et saadant Køretøj i Wien, tiltrak denne mærkelige Opfindelse sig stor Opmærksomhed. Fig. 248 viser Drais' Bicykle, der ikke havde nogen Pedaler, men var saa lav, at man kunde skræve over den og i denne Stilling løbe frem med den; naar »Løbehjulet«, som den kaldtes, derved havde faaet Fart paa, kunde man sætte sig paa en Sadel, der var anbragt paa Stellet mellem Hjulene, og idet Fødderne holdtes løftede fra Jorden, trillede Maskinen nu et Stykke videre. Vel navnlig fordi der i 1815 var samlet talrige Diplomater i Wien (Wienerkongressen), og Opfinderen selv var Friherre, blev »Løbebjulssporten« hurtigt højeste Mode rundt om i FA'ropa; men som rimeligt er, svandt Begejstringen for Løbehjulet snart. Praktisk Betydning fik derimod en anden Opfindelse af Drais, nemlig' den firhjulede »Draisine«, som endnu i vore Dage anvendes paa Jærnbaner af Personalet.

Fig. 248. Drais' Løbehjul,

Først ved Midten af forrige Aarhundrede fandt en Tysker, Moritz Fischer, paa at anbringe Pedaler paa Løbehjulets forreste Hjulaksel, saa at man kunde holde Maskinen i Gang uden at sætte Fødderne til Jorden. De første Pedalcykler kan imidlertid ikke have været meget behagelige at køre paa, da de havde faste Hjulringe og Sadler uden Fjedre; desuden kom de kun en Hjulomkreds frem, hver Gang Pedalerne gik en Gang rundt. Fjedrende Sadler blev forholdsvis hurtigt indført, og man har vel ogsaa temmelig tidligt paa enkelte Cykler anbragt et Lag Gummi (Kavtsjuk) uden om Hjulet. I Ame-

rika førte man Cyklens Udvikling videre, blandt andet derved, at man gjorde Forhjulet meget stort; Sadlen maatte saa rykkes omtrent helt hen over Forhjulsakslen, for at Benene kunde naa Pedalerne. Ved disse høje Cykler kunde man komme temmelig hurtigt frem uden at behøve at bevæge Benene meget hurtigt, og de vandt derfor i Firserne ikke ringe Udbredelse, skønt det næppe er for meget sagt, at det var livsfarligt at køre paa en saadan Maskine; standsedes Maskinen nogenlunde brat af en eller anden Hindring, gik Rytteren ufejlbarligt ud over Forhjulet. Man kunde imidlertid ogsaa ved lavhjulede Maskiner opnaa, at Cyklen kom et langt Stykke frem ved hvert Pedalslag, naar man anbragte Pedalerne paa en særlig Aksel og saa forbandt denne med en af Hjulakslerne ved en eller anden Transmission, der fik Hjulakslen til at gaa hurtigere rundt end Pedalakslen. Efter forskellige Forsøg blev man staaende ved den nu brugelige Kædetransmission mellem Pedalaksel og Baghjul; man formindskede Gnidningsmodstanden i Aksellejerne ved at indskyde smaa Staalkugler mellem de faste og bevægede Dele, hvorved man fik Rulning i Stedet for Glidning. Endelig indførtes i Stedet for et Gummilag om Hjulene de luftfyldte Gummiringe, som er opfundet af en Dyrlæge Dunlop i Dublin.

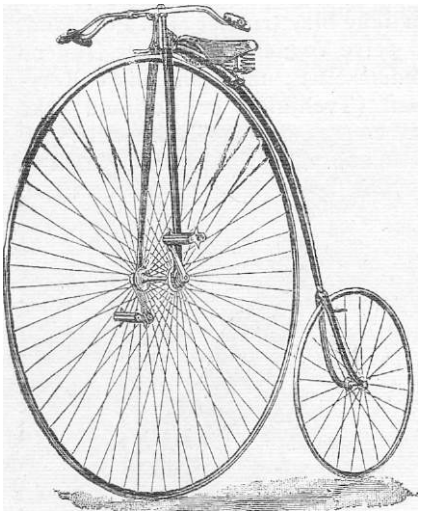


Fig. 249. Bicykle fra Firserne.

Kædetransmissionen, Kuglelejet og Luftringen har forvandlet Cyklen fra et upraktisk eller farligt Legetøj til et fortræffeligt Samfærdselsmiddel, som i Løbet af den sidste halve Snes Aar har bredt sig med enestaaende Hast og faaet indgribende Betydning i talrige Livsforhold. Paa denne Ridehest, som hverken kræver Havre eller Hakkelse, Staldrum eller Staldkarl, kan Nutidens Mennesker ved egen Muskelkraft med Lethed tilbagelægge Mil efter Mil hurtigere end Vogne og Ryttere.

I Frankrig, hvor der kræves Cykleafgift og derfor holdes Tal paa Cyklerne, steg Antallet af dem fra 138 000 i 1893 til 1 300 000, d. v. s. 3 for 100 Indbyggere, i 1903.

Medens Cyklisten med Vinden paa Ryggen og ned ad Bakke let faar en Følelse af, at hans Maskine har gjort Naturkræfterne til lydige Tjenere, der fører ham frem gennem Luften, forsvinder denne Følelse af Herskermagt ganske, naar han skal frem mod Vinden

eller op ad Bakke, og det kan let ske, at lian bliver tvunget til at staa af Maskinen og bruge Benene paa gammel Vis. At man ikke uden at arbejde stærkt kan komme hurtigt op ad Bakke, ligger nu i Sagens Natur; men hvis Cyklisten sætter Farten ned omtrent til Fodgængerfart — hvad han jo paa lige Vej godt kan gøre uden at vælte — vil Modstanden paa en Bakke ofte synes endnu mere uovervindelig og tvinge Cyklen i Staa; og dette hidrører fra en Ejendommelighed ved Maskinen, nemlig den, at Pedalerne har »døde Punkter«, d. v. s. Stillinger, hvor Benenes Tryk paa dem blot virker i Retning af Aksen og slet ikke eller i alt Fald meget lidt til Omdrejning. Ved Maskiner, der har højt Omsætningstal eller højt »Gir«, d. v. s. kommer langt frem ved hvert Pedalslag, vil Pedalerne under langsom Kørsel være temmelig længe i Nærheden af de døde Punkter, og den store Modstand paa en Bakke vil da let naa at sætte Farten helt ned til Nul, inden Benenes Tryk atter kan komme til at virke fordelagtigt. Cykler, der skal bruges i bakkede Egne, maa altsaa helst have ringe Omsætningstal, men da dette vanskeliggør hurtig Kørsel paa lige Strækninger, har man paa flere Maader konstrueret Transmissioner, ved hvilke Omsætningstallet kunde skiftes under Kørslen. I en svensk Cykle »Svea« er man gaaet den mere radikale Vej at fjærne selve Ondets Rod, nemlig de rundtgaaende Pedaler med deres Dødpunkter, og har erstattet dem med op- og nedadgaaenae Pedaler, der ved en sindrig Transmission er saaledes forbundet med Baghjulsakslen, at den fremdrivende Kraft bliver omtrent ens hele Tiden under Føddernes Bevægelse.

Paa de Strækninger, hvor Cyklisten kan lade Naturkræfterne besørge Arbejdet for sig, idet Vinden eller Tyngdekraften holder Cyklen i Fart, kan han dog ikke faa Lejlighed til helt at hvile sig, fordi Benene maa følge med i Bevægelsen. Dette undgaas ved de saakaldte Frihjulscykler, hvor Baghjulet frit kan løbe rundt, naar Pedalerne holdes stille; her trætfes da tillige en saadan Indretning, at man bremser Cyklen ved at dreje Pedalerne baglæns.

Ved de kædeløse Cykler, hvor en Transmission med koniske Tandhjul med Stangforbindelse (se S. 32) er gemt i et støvtæt Hylster, har man paa ret tilfredsstillende Maade løst den Opgave at hindre Snavs i at komme til de vigtigere Maskindele, saa at Cyklen lettere kan anvendes i al Slags Føre. — Endvidere kan nævnes de Forsøg man har gjort paa at erstatte Luftringen med en anden elastisk Gummiring eller paa anden Maade undgaa de Bryderier, Luftringen kan volde.

Selv om de ovenfor omtalte Bestræbelser ikke alle har ført til Maalet, har vi dog i de senere Aar nærmet os ikke saa lidt til Idealet.af en Landevejscykle, ved hvis Brug der ikke gaar Kraft eller Tid til Spilde.

Vogne, der kunde bevæges ved mekanisk Drivkraft paa almindelige Veje havde jo allerede Cugnot, Evans og Trevethick (S. 287) prøvet at tilvejebringe, og deres Forsøg blev

gentaget snart hist snart her, efter at Dampkørslen paa Skinner var blevet almindelig. Men saa længe man maatte holde sig til de tunge Dampmaskiner, førte Forsøgene ikke til praktiske Resultater af Betydning. Opfindelsen af Eksplosionsmotorer (S. 21), der kunde benytte Petroleumsprodukter, aabnede imidlertid nye Muligheder for Avtomobilerne, Motorvognene, Kraftvognene eller, hvad Navn man nu vil bruge for de »selvbevægende« Vogne; blandt andet gav den af Daimler i Tyskland for en Snes Aar siden konstruerede Benzinmotor Sagen et Stød fremad. Det var dog først i Løbet af Halvfemserne, at man efterhaanden fik Bugt med de mange store Vanskeligheder, der stillede sig i Vejen for Konstruktionen af virkelig praktiske Motorvogne; en Petroleumsmotor, der skulde gøre god Fyldest her, maatte i adskillige Henseender være anderledes indrettet end en fast Motor, og med alt sit Tilbehør bliver det en ret indviklet Mekanisme, som det fremgaar af Fig. 250. Forøvrigt kan Konstruktionen være meget forskellig ved forskellige Vogne.

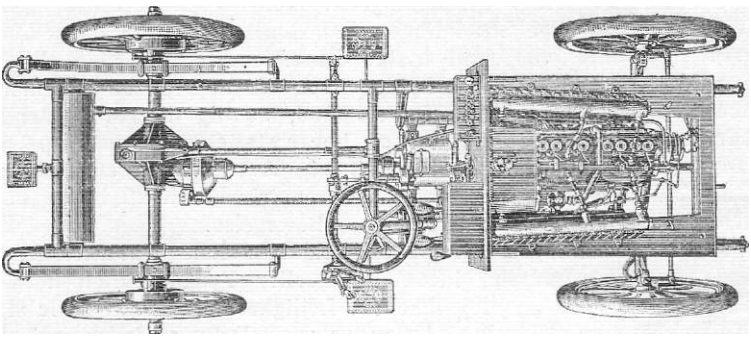


Fig 250. Stellet til en Motorvogn (set ovenfra).

Det er navnlig Franskmændene, der har Fortjenesten af at have uddannet Vognmotortyper af en høj Grad af Fuldkommenhed. Den Blanding af Luft og Petroleumsdamp, som ved sin Eksplosion driver Stemplet frem i Motorcylinderen, tilvejebringes i disse Motorer i Reglen ved Hjælp af et særligt Apparat, »Karburatoren«, hvor Petroleummen suges op gennem et lille Rør med en fin Aabning og derved fordeles i Luften i Form af ganske fine Draaber; det er Stemplet i Cylinderen, der under den første Del af sin Firetaktsgang (se S. 21) fremkalder den omtalte Sugning, hvorved der ogsaa suges Luft udefra ind i Karburatoren, og denne Luft sammen med den tilblandede Petroleum føres hen i Cylinderen; en lille avtomatisk Mekanisme sørger for, at der stadig tilføres Karburatoren Petroleum fra en Beholder. Henne i Cylinderen tændes den eksplosive Blanding som oftest ved en elektrisk Gnist; til Frembringelse af denne maa Motoren være forsynet med et lille elektrisk Batteri, en Induktionsrulle og en Strømafbrydningsmekanisme eller ogsaa med en

lille elektromagnetisk Maskine, der bevæges af Motoren; andre Tændmidler anvendes dog ogsaa, og i enkelte Vognmotorer frembringes Antændelsen ligesom det ofte sker i faste Motorer — alene ved den Varme, som udvikles, idet Stemplet sammentrykker den eksplosive Luftblanding. For at Cylinderen ikke skal blive for hed under Arbejdet, er den omgivet af en »Kappe« med Vand, som af en lille Pumpe holdts i stadigt Kredsløb mellem Kappen og Rør, hvor den afgiver Varmen; ofte driver Motoren endda en Ventilator, som blæser en Luftstrøm hen over Rørene for at holde dem kolde. I de fleste Vogne findes der ikke én, men to eller flere Cylindre. — Til de egentlige Motorbestanddele kommer saa endvidere Transmissionerne mellem Motor og Hjulaksel; oftest er det Kædeforbindelse eller Stangforbindelse med cardansk Led (S. 32).

De første Vognmotorer kunde kun meget daarligt bøje sig efter de forskellige Fordringer, der stilledes til dem under Kørslen. Skulde Vognen op ad en Bakke, vilde Stemplet og dermed Vognen paa Grund af det større Arbejde gaa langsommere, men saa sugede Stemplet Luft og Petroleum langsommere ind i Cylinderen, der altsaa fik tilført mindre Arbejdskraft netop her, hvor den var mest fornøden. Det blev derfor nødvendigt at anvende sammensatte Transmissionsindretninger, ved hvilke man under Kørslen kunde ændre Omsætningsforholdet mellem Hjulakslen og Motorakslen, saaledes at denne kunde beholde sin Maksimumshastighed, medens Hjulene gik langsommere. Nu har man ganske vist paa flere Maader opnaaet at gøre selve Motoren mere »bøjelig« i sin Virkemaade; men Motorvogne har dog ofte 3—4 forskellige Normalhastigheder svarende til forskellige Omsætningsforhold.

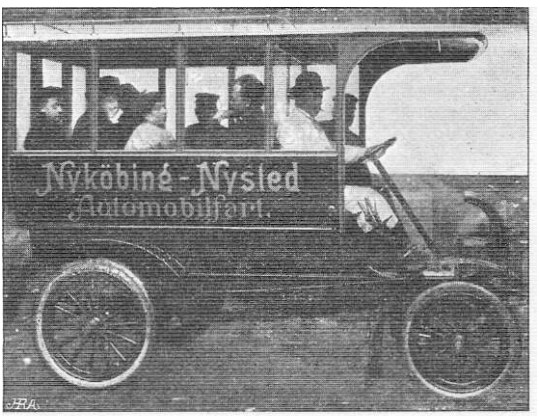


Fig. 251. Den første danske Motordagvogn.

De mest aabenbare Ulemper ved Motorvognen er vel den ubehagelige Lugt, de udbreder, naar Forbrændingen i Cylinderen ikke er fuldstændig, og den Støj, der frembringes navnlig ved Luftens Udstrømning af Cylinderen; ved at lade Luften træde ud i særlige Dæmpningsrum i Stedet for direkte i det fri, kan man dog dæmpe Støjen meget.

Naar Motorvognsindustrien har naaet saa højt et Standpunkt i Frankrig, er det til Dels, fordi »Avtomobilsporten« kom paa Mode

blandt Frankrigs Rigmænd. Man lagde særlig Vægt paa at komme hurtigt frem, og der blev bygget Vogne, som kunde køre om Kap med Europas allerhurtigste Iltog, idet de naaede Hastigheder paa 100 Kilometer i Timen eller mere endnu. Naturligvis hører saadanne »Kilometerslugere«, hvis eneste Maal det er at faa Bugt med det størst mulige Antal Kilometer i Timen, aldeles ikke hjemme paa en Landevej, hvor Mennesker skal kunne færdes uden at risikere Liv og Lemmer; men de har dog eller har i alt Fald haft en ikke ringe indirekte Betydning for den mere nyttige »Avtomobilavl« ligesom Væddeløbshestene for den nyttige Hesteavl. At Motorvognene er naaet saa vidt i Udvikling, at de under mange Forhold kan være et nyttigt Samfærdselsmiddel, anerkendes nu overalt. I Danmark er man flere Steder begyndt at indrette Forbindelser ved Motordagvogne mellem Byer, der savner Jærnbaneforbindelse.

Ogsaa paa Cykler er det nu blevet ret almindeligt at anbringe Petroleumsmotorer, der enten blot skal hjælpe Cyklisten, naar del gaar opad Bakke o. lgn., eller besørge hele Arbejdet for ham. Man kan med Lethed anbringe en Motor paa én eller endog' flere H. K. paa en Cykle, saa at denne kan drives meget hurtigt frem; dog maa det erindres, at en meget stor Del af Arbejdskraften gaar tabt i selve Maskineriet, og at de ydre Modstande tillige forøges meget, fordi Cyklen foruden Cyklisten skal bære Motor, Petroleumsbeholder ni. m. For at undgaa den besværlige Vandafkøling af Motorcylinderen forsyner man i Reglen denne med udslaaende Ribber; Luften kan da, ved under Farten at stryge hen over den store Overflade, frembringe tilstrækkelig Afkøling. I Fig. 252 ser man Cylinderen med Ribberne; til venstre for den ses et mindre ribbeklædt Rum, der indeholder Tilgangs- og Afgangsventiler for Luftblandingen; den første Ventil, der sidder øverst og adskiller det nævnte Rum fra Karburatoren, holdes lukket af en Fjeder og aabnes ved Sugning fra Cylinderen; Afgangsventilen aabnes ved en Stang, hvis Bevægelse frembringes af Motorakslen, der tillige med Svinghjulet er gemt i det runde Hylster under Cylinderen. Under Stellets vandrette Stang gemmes i en firkantet Kasse Petroleumsbeholderen, elektrisk Batteri og Induktionsrulle.

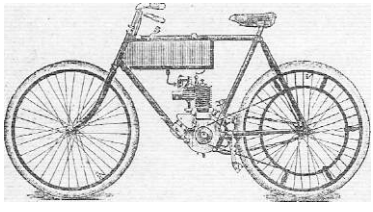


Fig. 252. En Motorcykle.

Skønt Vogne med Eksplosionsmotorer har vundet langt mere Udbredelse end Dampvognene, er disse dog langt fra gaaet ud af Spillet, og de nyere Fremskridt navnlig' med Hensyn til Kedelkonstruktionen har betydeligt forbedret Dampmaskinens Betingelser for at kunne anvendes paa Vogne. I England har man særlig lagt sig efter at bygge forholdsvis svære Dampavtomobiler til Fragtbefordring i Landbrug eller andre Virksomheder. Her benyttes i Reglen Kul

som Brændstof; men i lettere Dampvogne anvendes i Stedet flydende Brændsel (Petroleum, Benzin m. m), som sprøjtes ind i Forbrændingsrummet under eller inden i Kedlen i fine Straaler af en Pumpe, som kan reguleres til stadig at tilføre den fornødne Mængde. Kedlen er i Reglen en Vandrørskedel, der taaler højt Tryk og kun indeholder lemmelig lidt Vand, ja, man har endogsaa konstrueret Avtomobilkedler, der slet ingen Vandbeholdning indeholder, men kun beslaar af et Fordampningsrør, ind i hvilket en Pumpe sender en Straale af Vand, som straks forvandles til Damp af Rørets glødende Vægge. — Man har navnlig i Amerika — bygget Dampvogne, som ikke staar tilbage for Petroleumsvognene i Lethed og Elegance (Fig. 253).

Fig 253. En Dampvogn.

Den ideale Motor for Avtomobiler er imidlertid Elektromotoren; den udsender hverken Røg eller Damp, den udbreder ingen Lugt, den virker næsten lydløst, den kan gøres saa lille, at den endog kan anbringes i selve Hjulene, og den formaar i høj Grad at rette sig efter de forskellige Kraftfordringer under Kørslen. Men dens Anvendelse hæmmes stærkt derved, at den maa hente sin Arbejdskraft fra tunge Akkumulatorer som skal føres med paa Vognen. De elektriske Vogne eller Elektromobilerne kan derfor ikke medføre Drivkraft for nær saa lange Ture som Petroleumsvognene, og de kan kun faa deres Drivkraft fornyet paa Steder, hvor der findes elektriske Ledninger, fra hvilke Akkumulatorerne kan lades. En mere almindelig Udbredelse af elektriske Anlæg og Konstruktion af lettere og holdbarere Akkumulatorer vil i høj Grad forbedre Elektromobilernes Konkurrencebetingelser. I sidstnævnte Henseende vil man maaske naa et godt Skridt frem ved de S. 61 omtalte Nikkelakkumulatorer, hvis Opfindelse almindelig tilskrives Edison; den svenske Ingeniør Jungner har imidlertid ligesaa tidligt eller tidligere konstrueret lignende Akkumulatorer.

Undertiden anvender man baade Petroleumsmotor og Elektromotor i samme Vogn. Den første driver da en Dynamo, som sender Strøm til Elektromotoren; man kan da sige, at Petroleumsmotoren er forbundet med Hjulene ved en elektrisk Transmission

i Stedet for en mekanisk. Oftest lader Strømmen fra Dynamoen en Akkumulator, der kan opsamle Energi, naar Vognen holder stille, og atter afgive den, naar der er Brug for den; denne Akkumulator kan være temmelig lille. Saa indviklet denne Ordning end kan synes, anvendes den dog undertiden i Praksis — f. Eks. i nogle Omnibusser i London. En lignende Ordning er endogsaa indført' i nogle franske Iltogslokomotiver, hvor Dampmaskinen kun indirekte med Dynamo og Elektromotor som Mellemled driver Hjulene (Heilmanns elektriske Lokomotiver).

Alle de foran omtalte Avtomobiler eller Motorvogne var kun bestemt til at føre sig selv og deres Indhold af Personer og Gods frem; man har imidlertid ogsaa søgt at konstruere Landevejslokomotiver, der kunde trække Vogntog efter sig. Saadanne Landevejstog benyttedes i ikke ringe Omfang af Englænderne under Krigen i Sydafrika. Der er dog to Omstændigheder, som danner væsentlige Hindringer for en mere almindelig Anvendelse af Landevejstog. For det første vil Lokomotivhjulene, der skal trække hele Toget frem, angribe Vejen meget stærkt; for det andet vil de tilhængte Vogne ikke følge i Lokomotivets Spor, naar Vejen krummer. For at overvinde disse Vanskeligheder har den franske Officer Renard for ganske nylig konstrueret et Tog af ejendommelig Art. Lokomotivet har en Petroleumsmotor der er kraftig nok til at føre alle Vognene frem, men i Stedet for blot at virke paa Lokomotivhjulene overføres Drivkraften til Hjulaksler i alle Vognene ved Hjælp af en Aksel, som gaar fra Lokomotivet hen under alle Vognene med cardanske Ledforbindelser mellem de enkelte Vogne; idet det Træk, som skal føre Toget frem, saaledes fordeles paa Hjul i alle Vognene, bliver Vejen ikke stærkere angrebet, end om hver Vogn havde sin Motor. Endvidere har Renard ved at sammenkæde Vognene paa en sindrig Maade opnaaet, at de alle følger i hinandens Spor selv ved stærke Krumninger. Renards Tog er nærmest bygget for at tjene militære Øjemed, men hvis det virkelig viser sig solidt og paalideligt i sin Virkemaade, vil det ogsaa under andre P'orhold kunne faa Betydning som Erstatning for Jærnbanetog.

Samfærdselen i de store By^er har tidlig foranlediget Fremkomsten af Befordringsmidler af anden Karakter end dem, der brugtes ude paa Landet, og i den nyeste Tid har Storstædernes Samfærdselsmidler udviklet sig med rivende Hast og paa mange forskellige Maader.

Et i gamle Dage meget vigtigt Samfærdselsmiddel i Byerne var Bærestolen eller »Portechaisen«, der rigtignok kun benyttedes af rige og fornemme Folk, men for dem ogsaa var af stor Værdi, da den befriede dem baade fra at vade i Gadernes Ælte og fra at blive rystet i de stive ubekvemme Vogne. Foruden Portechaiser til Udlejning fandtes allerede for flere Aarhundreder siden i Paris Lejevogne, der svarede til vore Drosker, og endvidere indførtes her i 1662, efter Forslag af den berømte Tænker Pascal, offentlige Vogne,

som kørte paa bestemte Ruter og mod en ringe Betaling oplog Passagerer ligesom Nutidens Omnibusser: det var dog ikke »Omnibusser« i Ordets egentlige Betydning (»For Alle«), dertil var Datidens Standsforskel for stor; Arbejdsfolk, Soldater o. fl. optoges ikke. Foretagendet sygnede imidlertid snart hen, og først i forrige Aarhundrede (omkring 1820) begyndte man atter at indrette Omnibuskørsel i Paris og andre Byer, Det næste vigtige Skridt fremad blev gjort i New York 1832 ved Anlæggelsen af den første Bysporvej; Sporveje blev snart efter anlagt i mange andre Byer, og Sporvogne trukket af Heste blev efterhaanden det vigtigste Middel til at besørge Persontrafikken mellem forskellige Bydele i de fleste større Stæder.

Man har i Tidens Løb gjort mangfoldige Forsøg paa til Sporvognsdrift i Stedet for Hestekraft at anvende mekanisk Drivkraft af forskellig Art; men skønt der efterhaanden flere Steder blev naaet tilfredsstillende Resultater dels ved Dampkraft, dels ved sammenpresset Luft (se S. 60), var det først Indførelsen af elektrisk Drivkraft, der fik afgørende Betydning. I Løbet af det sidste Tiaar har den elektriske Sporvogn i de fleste større Byer i Europa og Amerika fuldstændig besejret Hestesporvognene.

Til at begynde med indførte man mange Steder Akkumulatorvogne; dette System, hvor hver Vogn selv fører sin Drivkraft med sig, er i og for sig Idealet, men Akkumulatorernes Vægt er her ligesom ved elektriske Motorvogne en Ulempe; det indvirke! desuden skadeligt paa Akkumulatoren, at man efter hver af de hyppige Standsninger maa tage en meget stærk Strøm fra dem for paany at faa Sporvognen hurtigt i Gang.

De allerfleste Steder tilfører man derfor Sporvognen Elektriciteten under Vejs fra Ledninger, som det allerede blev gjort ved den første lille elektriske Bane, der var anlagt af det tyske Firma Siemens og Halske paa en Udstilling i Berlin 1879. Denne Bane havde tre Skinner, af hvilke den ene var anbragt paa isolerende Underlag; gennem denne Skinne førtes Strømmen fra en Dynamo op i et lille elektrisk Lokomotiv til en Elektromotor, idet en Metalkost, som var forbundet med Motoren, rørte ved Skinnen; fra Motoren lededes Strømmen hen til Hjulene og gik saa gennem de to Skinner, paa hvilke Hjulene hvilede, tilbage til Dynamoen. Elektromotoren var saaledes forbundet med Hjulene, at disse gik rundt og førte Lokomotivet og de tilhængte Vogne frem, naar Strømmen drejede Motoren. Denne Ordning med 3 Skinner anvendes endnu ved adskillige elektriske Tunnelbaner, men den kunde ikke godt bruges i det fri, hvor Snavs, Sne m. m. kunde danne en ledende Focbindelse mellem Tilledningsskinnen og Hjulskinnerne, og allermindst i Gader, hvor Strømmen fra Tilledningsskinnen, der maatte have en temmelig høj Spænding, kunde volde Ulykker. Ved elektriske Sporvogne maatte Strømmen altsaa tilføres paa anden Maade, og almindeligst sker det ved Hjælp af Luftledninger.

Ved nogle af de første elektriske Sporvogne med Luftledning anvendtes 2 Ledningstraade, en for Fremledning og en for Tilbageledning af Strømmen. Traadene anbragtes tæt ved hinanden og understøttedes fra neden, saaledes at de kunde tjene som Skinner for en lille Vogn, Kontaktvognen, der blev trukket af et Kabel, som fæstedes til Sporvognen. Motoren anbragtes i Sporvognen selv, ikke i et særligt Lokomotiv, og ved to Ledningstraade, som gennem Kabelet førte op til de fra hinanden isolerede Hjul paa den ene og den anden Side af Kontaktvognen, bragtes Motoren i Forbindelse med Luftledningens to Traade. Senere erstattedes Kabel og Kontaktvogn med en i Reglen af Staalrør dannet Arm, som gaar skraat til Vejrs fra Sporvognens Tag og trykker en Kontaktrulle op mod Luftledningens Underside; Ledningen maa altsaa her være fastgjort foroven til de Stænger eller tværs over Gaden udspændte Tove, som bærer den. I Reglen er der kun en enkelt Luftledning, idet Skinnerne bruges som Tilbageledning (se S. 48). Naar Luftledningen blot stadig holdes paa en bestemt elektrisk Spænding, faar det ingen Indflydelse paa den enkelte Sporvogn, hvor mange Vogne, der samtidig tager Strøm fra den hele Ledningsstrækning; Vognene er uafhængige af hverandre ligesom Lamper, der er indskudt parallelt mellem to Ledninger (d. v. s. som i Fig. 39, S. 49). Forøvrigt føres den samlede Strømmasse til alle Vognene i Reglen ikke gennem selve den over Vognene ophængte Ledning (Kontaktledningen), men gennem en særlig (over- eller underjordisk) Ledning, som med passende Mellemrum er forbundet med Kontaktledningen; denne behøver da ikke at være meget tyk, og hvis den skulde knække et Sted, afbrydes Strømmen ikke derved paa hele Ledningsstrækningen.

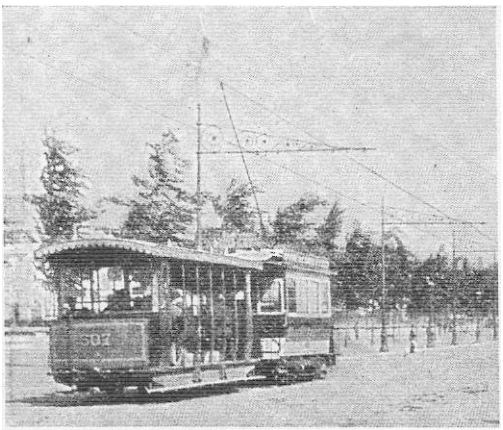


Fig. 254. Elektrisk Sporvogn med Tilhængsvogn.

I Stedet for Kontaktrullen anvendes nu adskillige Steder en stor Traadbøjle, hvis øverste vandrette Del trykkes op mod Luftledningens Underside; da denne vandrette Del gaar paa tværs af Luftledningen og er temmelig lang, kan den ikke slippe Ledningen, medens det derimod kan ske, at en Kontaktrulle springer af.

I nogle Byer eller blot i enkelte Gader har man — særlig af Skønhedshensyn — ikke villet tillade Anvendelsen af Luftledninger,

og man maa da benytte enten Akkumulatorvogne eller Vogne med underjordisk Strømtilledning; i sidstnævnte Tilfælde har man oftest dannet en Kanal under den ene Skinne, som er tvedelt ved en Rille, gennem hvilken en Kontaktarm fra Sporvognen fører ned i Kanalen, i Kanalen ligger en blank Kobberledning, som ved en eller anden Kontaktindretning sender Strøm op i Sporvognen gennem Kontaktarmen; ofte anvendes her Dobbeltledning. Ved særlige Foranstaltninger maa det forhindres, at Kanalen fyldes med Sne eller Snavs. Dette System kan virke tilfredsstillende, men Anlægget er dyrt. Fig. 255 viser en Skinne med Ledningskanal under Arbejde; nede i Kanalen ligger en Arbejder paa en Jærnplade, som hænger i en Slags Slæde, der kan skubbes frem oven paa Skinnen.

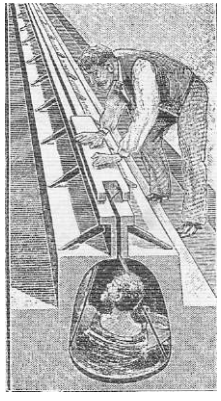


Fig. 255. Sporvejsskinne med Ledningskanal under Arbejde.

Nogle Steder har man indrettet elektrisk Omnibuskørsel med Omnibusser, der tager elektrisk Strøm fra Luftledninger, idet deres Forbindelse med disse er saa bøjelig" og bevægelig, at de kan vige til Siden for Vogne,

De elektriske Sporvogne i Forening med Cyklerne har i Løbet af de sidste Aar givet Færdselen i de store Byer et andet mere ilsomt Præg. Nu rykker ogsaa Motorvognene frem, og det er ikke urimeligt, at de i Løbet af de følgende Aartier vil faa fuldstændig Overtaget over Hestekøretøjerne, saa at en Hest vil blive et Særsyn i en Storstads Gader. Paa Landet vil Hesten, selv om Avtomobilvæsenet udvikles stærkt, ikke let blive fortrængt af Motorei'ne; Hesten gør bedre end Motoren Tjeneste paa daarlige Veje; den er ikke knyttet til et enkelt bestemt Køretøj, men kan spændes for forskellige Vogne, og endelig kan den udføre Markarbejder, som vanskeligt vil kunne besørges ved Motordrift paa praktisk Maade, undtagen hvor Naturforholdene begunstiger denne Drift (store, flade Strækninger). Men disse Fordele paa Hestens Side har ingen eller i alt Fald ringere Betydning" i Byen.

De elektriske Sporvogne, Cyklerne og Motorvognene forøger hver paa sit Felt Trafikhastigheden i Storstædernes Gader, men jo intensivere og hurtigere Færdselen bliver, des vanskeligere bliver det ogsaa for de forskellige Arter af Trafik at forliges om samme Gadestrækning. Sporvognene er for saa vidt de heldigst stillede som alle audre — Fodgængere, Cyklister og Vogne — er forpligtede til at vige til Side for dem, men netop derfor bliver de særlig generende for den øvrige Trafik, og af Hensyn til denne kan man dog" ikke tillade Sporvognene at køre med Banetogsfart i Gaderne. 1 Millionbyerne, hvor forskellige Bydele kan være adskilte ved milelange Afstande, begynder man derfor efter en voksende Maalestok at gribe til den Udvej at lægge Sporveje nede i Jorden eller oppe i Luften.

Den alvorlige Hindring for Færdselen, som Themsen danner i London gav her allerede for henved 100 Aar siden Anledning til, at der dukkede Planer frem om at bygge en Tunnel under Floden. Men forst i Fyrrerne blev en saadan Tunnel fuldført efter flere forgæves Forsøg, og den var kun for Fodgængere, I 1863 aabnedes saa en underjordisk Bane under London, og nu er man ved at tilvejebringe et helt Net af Tunnelbaner under Londons Gader. Den nyeste Tunnelbane er bygget dybt under Kloaker, Vandrør o. s. v.; og paa de dybeste Steder ligger den c. 50 M. under Overfladen,

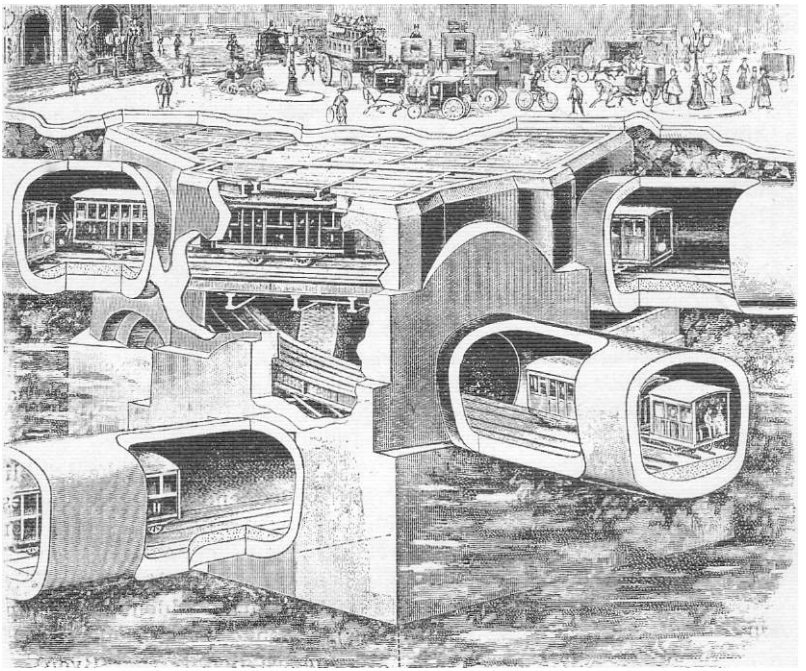


Fig. 256. Under Operapladsen i Paris.

men den er anlagt som en Bølgelinje med Stationerne paa de højeste Punkter. Naar et Tog forlader en Station, vil det altsaa køre nedad Bakke og derfor hurtigt kunne faa Fart paa, medens Tyngdekraften hjælper til at bremse det, naar det nærmer sig den næste Station; paa denne snilde Maade sparer man en stor Del af den Arbejdskraft, som ellers ved Hjulenes Bremsning vilde forvandles til Varme og derved gaa til Spilde. Medens man til at begynde med byggede brede Tunnelgange med Dobbeltspor, bygger man nu to snævre Tunnelrør ($3^1/_2$ M. i Diameter) ved Siden af hinanden; kun ved de underjordiske Stationer faar Børene større Vidde. Anvendelsen

af snævre Tunnelrør vilde være umulig ved Dampdrift, og paa de nye Tunnelbaner føres Togeue da ogsaa frem ved elektriske Lokomotiver.

Ogsaa i mange andre Byer, navnlig i New York, Berlin og Paris er der bygget dels forsænkede Baner tæt under Overfladen med Aabning foroven, dels egentlige Tunnelbaner; lignende Anlæg er ogsaa forestaaende i København (under Bulevarden fra Hoved- til Østbanegaarden). Særlig storslaaede er de underjordiske Baneanlæg i Paris, pig- 256 giver et Indblik i de indviklede Forhold under Operapladsen, hvor 3 underjordiske Banelinjer krydses, idet den ene ligger over den anden Jordens Vandholdighed paa dette Sted har bevirket, at man maatte opmure en mægtig trekantet Blok, gennem hvilken de 3 Tunnelrør, der alle har Dobbeltspor, er ført; gennem forskellige Aabninger, som paa Figuren er dannet i Murblokkens og Tunnelrørenes Vægge, ser man ind i deres Indre.

Ved Bygning af Tunneler nede i Jorden under Byerne møder man Vanskeligheder af anden og til Dels alvorligere Art end ved Bjærgtunneler, der sprænges ud i det faste Fjæld. Ofte er Jordlagene saa løse, at en Tunnelgang kun kan føres frem i dem, naar den, efterhaanden som Jorden udgraves, beklædes med et fast Tunnelrør. Tillige vil Jordlagene mange Steder, især naar Tunnelen føres under en Flod, være stærkt vandholdige, og man maa da træffe ganske andre Forholdsregler mod det indtrængende Vand end i Bjærgtunneler. Idet man her lader de to Tunnelgange, der føres ind i Bjærget fra dets to Sider, skraane svagt opad ind imod Midten, bliver det muligt at lede Vandet ud til Tunnelgangens frie Ende; men skal en Tunnel føres under en Flod, maa man jo netop lade den skraane fra Enderne ned imod den midterste Del under Floden.

Det Middel, som i vore Dage bringes til Anvendelse ved Tunnelbygning i bløde og fugtige Jordlag, er det saakaldte hydravliske Skjold, som er anbragt for Enden af Tunnelrøret og baner Vejen for det. Skjoldet er en Cylinder af Staalplader og ofte med lidt større Tværsnit, end Tunnelrøret skal have; dets Indre deles ved lodrette og vandrette Skillevægge i flere Rum, og dets forreste Ende har en saadan Form, at Skjoldet kan skære sig ind i Jorden, naar det presses frem af stærke Maskiner ved hydravlisk Tryk (Vandtryk). Medens Skjoldet saaledes drives frem, kan Jorden gennem Døre i dets forreste Del trænge ind i dets In Ire, og bag efter skaffes Jorden saa ud gennem Døre i Skjoldet; bagerste lodrette Væg. Efterhaanden som Skjoldet føres frem i Jorden, fortsættes Bygningen af det af Jærnrør dannede Tunnelrør, idet man for Enden af Røret tilføjer en ny Jærnring, som inde i Tunnelen samles af flere Dele; derefter beklædes Jærnet i Reglen med Beton eller Murværk. Den bagerste Del af Skjoldcylinderen omslutter i Reglen den forreste Del af Tunnelrøret. Skjoldet kan bygges saa stærkt og drives frem med en saadan Kraft, at det kan trænge igennem

haarde Jordlag og ikke standses af Træstammer, Stenblokke o. s. v. — I vandholdige Jordlag hindres Vandet i at trænge ind i Skjoldet og Enden af Tunnelrøret, idet man indpumper Luft af stærkt Tryk enten blot i Tunnelrørets inderste ved lufttætte Skillevægge afskildrede Del eller i hele Røret lige fra Mundingen, hvor der da maa anbringes en Luftsluse. Her anvendes altsaa en lignende Fremgangsmaade som ved Fundering af Bropiller.

Fig. 257 viser Arbejdet i en Tunnel under Hudsonfloden, hvor man trængte frem med hydravlisk Skjold som ovenfor angivet.

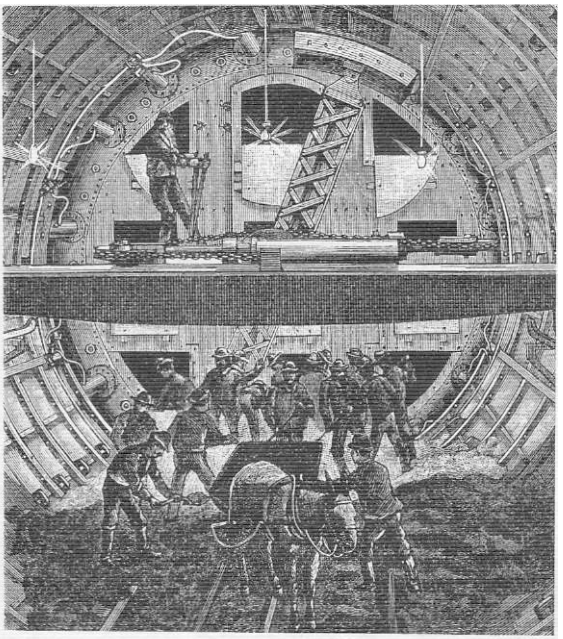


Fig. 257. Tunnelbygning under Hudsonfloden.

Denne Tunnel, der blot var beslemt til Sporvej»kørsel, blev paabegyndt allerede i 1874, men Arbejdet blev flere Gange opgivet i en lang Aarrække og nærmer sig først nu sin Fuldendelse, samtidig med at man begynder paa nye store Tunnelanlæg under Floden (se S. 297); her bliver Arbejdet endnu vanskeligere, fordi der skal køre tunge Banetog gennem Tunnelrørene, der tilmed for ikke at faa for stærk Heldning, lægges i blødere Jordlag nærmere Flodbunden. Vanskelighederne saavel ved at bygge de underjordiske Baner som ved at skaffe Luft og Lys dernede har bevirket, at saadanne Anlæg kun er blevet udført rent undtagelsesvis indtil de allersidste Aar, da Indførelsen af elektrisk Drivkraft og Belysning i Forening med andre tekniske Fremskridt har mindsket Vanskelighederne betydeligt. Hyppigere har man grebet til den Udvej, at bygge Baner oppe i Luften paa en Brokonstruktion, der de fleste Steder følger Gaderne, men undertiden ogsaa er ført hen over Husenes Tage. Disse »Højbaner« eller Luftbaner kan virke meget skæmmende paa Gadernes Udseende, og Bropillerne kan desuden genere Færdselen. Man søger derfor at give dem en saa let og luftig Konstruktion som muligt,

hvad der har givet Anledning til flere meget ejendommelige Bygningsformer.

Medens Jærnbanevogne, der holder sig til Jorden, ligesom alle andre Vogne nødvendigvis maa vende Hjulene nedad, er der ved Luftbaner intet i Vejen for, at man kun lader Hjulene være over Skinnerne, medens den øvrige Del af Vognen befinder sig under dem; og ved at bære sig saaledes ad opnaar man den betydelige Fordel at kunne nøjes med en Skinne. Forbilledet for en saadan Ordning kunde man hente fra mange Bjærgegne.hvor smaa Vogne med Materialier føres gennem Luften paa Kabler; i Norge befordres saaledes ofte Brænde, Hø o. lgn. ned fra Fjældet i et Tov, hængende med en Dølle eller en Trisse, der glider ned under et skraat udspændt Kabel (Løbestræng).

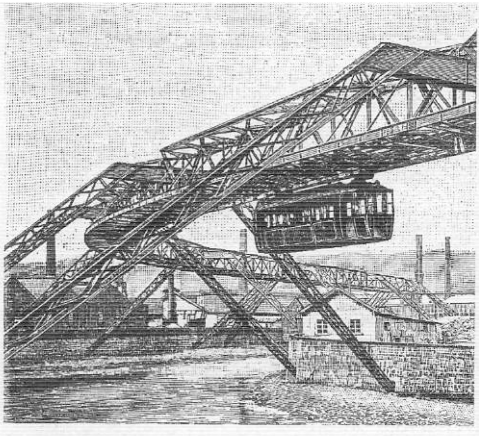


Fig. 258. Et Stykke af Hængebanen over Wupperfloden.

Det første Sted, hvor man har anvendt lignende Principer til Personbefordring er den tyske By Elberfeldt-Barmen. Her blev der for faa Aar siden bygget en enskinnet Hængebane, der dels er ført gennem Byens Gader, dels paa langs hen over Wupperfloden. Fig. 258 viser et Stykke af Banestrækningen over Floden; Banen bæres af Jærnstivere, der skræver over Floden; den er dobbeltsporet, og paa det ene Spor, der altsaa kun har en Skinne, kører en Vogn. Vognenes Ophængningsmaade vil forstaas af dette Billede i Forening med Fig. 259, der viser et Tværsnit af Banelinjen og to ophængte Vogne. Vognen bæres af to buede Arme, og hver' Arm er foroven fastgjort til Akslerne af to Hjul, som løber paa Skinnen og fører Vognen frem, idet de drejes rundt af en lille Elektromotor; denne faar Strøm fra en særlig Luftledning, der gaar langs med Skinnen. Idet Skinnen kun er fastgjort til den bærende

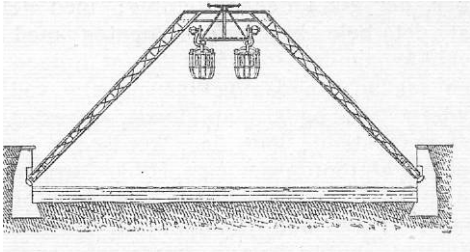


Fig. 259. Tværsnit af Hængebanen.

Jærnkonstruktion ved den ene Side, kan Vognens Ophængning fril gribe om den fra den anden, saaledes at der ikke blot løber Hjul paa Skinnens Overkant, men ogsaa glider Ruller mod dens Underkant; herved umuliggøres det, at Vognen kan løbe af Skinnen uden Brud paa denne eller Hjulene, og da Ophængningen tillige er indrettet saaledes, at Vognen kan svinge noget ud til Siden, kan Togene,, der i Reglen dannes af 2—4 Vogne, køre med anselig Fart selv paa stærke Krumninger. Inde ved Endestationen, hvor nogle af Rangersporene er Cirkelbuer med kun 8 Meters Radius, har man forsøgsvis givet Vognene saa stærk Fart, at de ved Centrifugalkraften afveg 35 Grader fra den lodrette Stilling. Til Trods for de betydelige Krumninger og Stigninger, der findes paa Banen, er man gaaet op til en Kørehastighed af 40 Km. i Timen eller maaske endnu mere, og Togene følger, i alt Fald til Tider, efter hinanden med Mellemrum af kun $2^1/_2$ Minut. For at tilvejebringe tilstrækkelig Sikkerhed under saa stærk Trafik. lader man her Togene avtomatisk stille Signalerne paa Blokposterne, som omtalt S. 303; om et Tog skulde standses ude paa Banelinjen f. Eks. af et uventet Faresignal, kan Togføreren desuden 'sætte sig i telefonisk Forbindelse med den nærmeste Station, idet han med en Bambusstang bringer Ledningstraade fra Vognen op til Berøring med Telefonledningen langs Linjen.

Selv paa Sporveje, hvor Tog følger efter hinanden med faa Minutters Mellemrum, vil det dog kun være en ringe Del af Banelinjen, der er udfyldt med Vogne; paa en Skinnevej, der dannede en lukket Kreds og var opfyldt af et eneste sammenhængende Vogntog, som blev ved at køre rundt i Kredsen, vilde der aabenbart kunne befordres langt større Menneskemængder paa en Gang. Ud fra denne Tankegang byggedes det saakaldte rullende Fortov, som anvendtes under Pariserudstillingen 1900. Denne mærkelige Udstillingsbanes Konstruktør, Blot, havde allerede i 1886 fremsat Planer, der gik i denne Retning; men det var oprindelig hans Tanke, at det hele kredsende Vogntog med 2—3 Minutters Mellemrum skulde standse $^1/_2$ Minut for at optage Passagerer. For at undgaa en saadan Standsning, der navnlig ved saa langt et Tog vilde være yderst tids- og kraftspildende, foreslog Brødrene Rettig i Tyskland, at man skulde lade flere kredsende Vogntog, hvis Vogne kun dannedes af Platformer paa Hjul, køre rundt ved Siden af hinanden, men med forskellig Fart; det langsomst gaaende skulde ikke have større Fart, end at man fra Jorden eller en fast Platform med Lethed skulde kunde træde op paa det; herfra kunde man saa træde over paa den næste hurtigere rullende Platformrække. Ved saaledes at passere flere Platformrækker eller »Afsatser«, vilde det være muligt for Passagerer til enhver Tid at naa op paa det egentlig til Befordring bestemte rullende Fortov, selv om det gik med Jærnbanefart; her kunde saa være anbragt Bænke paa Platformerne og eventuelt Tag over dem. Fig. 260 viser et Tværsnit af en saadan

»Afsatsbane« med tre Afsatser; man ser, at der er anbragt lodrette Stænger med Haandtag, som man kan holde i ved Overgangen fra en Afsats til den næste; det hele Anlæg er her tænkt udført i en Tunnel nede i Jorden, og til venstre ser man en Trappe, der fører ned til Banen. Smaa Afsatsbaner var i Brug paa Udstillingerne i Chikago 1893 og Berlin 1896; men virkelig praktisk Betydning for Samfærdslen fik den først ved Par3serudstillingen.

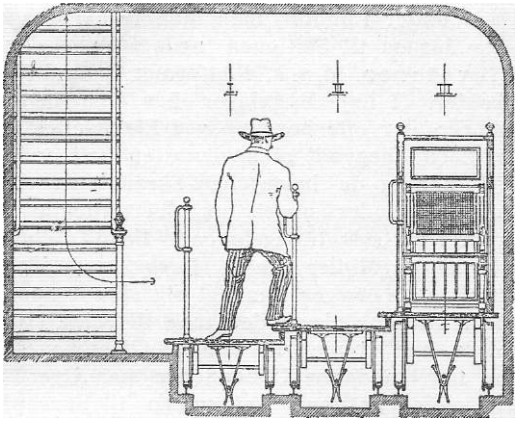


Fig. 260. Tværsnit af en underjordisk Afsatsbane.

Den her anvendte Afsatsbane havde kun 2 Afsatser, af hvilke den ene bevægede sig med en Fart af 4 Km. i Timen, den anden c. 8 Km., altsaa ikke stort hurtigere end en meget hurtig Fodgænger; ved at gaa fremad paa i Platformerne kunde man jo imidlertid lægge sin egen Hastighed til deres. Under hver Platformrække fandtes der ikke blot Hjul, som rullede paa faste Skinner, men ogsaa en Skinne, som hvilede paa Hjul, hvis Aksler var fastgjort til Underlaget; idet disse Hjul drejedes rundt af Elektromotorer, førtes Skinnen og dermed Platformrækken frem. Det rullende Fortov var altsaa paa en Gang et Vogntog, der kørte paa Skinner, og en Skinnebane, der kørte paa et Underlag med Hjul. Hele Afsatsbanen var bygget som en Højbane c. 7 M. over Jorden; den havde en Længde af 3^2 Km., og omspændte i Form af en uregelmæssig Firkant med afrundede Hjørner en meget betydelig Del af Udstillingspladsen.

Afsatsbanen kan naturligvis tænkes indrettet baade som Højbane, som Niveaubane og som Undergrundsbane; den kan godt ligesom en almindelig dobbeltsporet Bane føre Passagerer frem og tilbage mellem to Steder ad samme Vej, idet Platformerne kører frem ad et Spor tilbage ad et andet og ved Enderne gennem en Bugt af passende Størrelse over fra det ene Spor til det andet. Og selv om man ikke ligefrem vil anlægge rullende Fortove i Byernes Gader, er det ikke usandsynligt, at denne Slags Baner i Fremtiden vil finde Anvendelse adskillige Steder, hvor det gælder om at magte en overvældende stærk Færdsel. I New York er det paatænkt at anlægge en Platformbane fra Brooklyn over den nye East River-Bro og videre som Tunnelbane under det egentlige New York. Skønt Banen kun •skal have tre Trin, er det Meningen at gaa op til en Fart af 16

Km. i Timen. Banen kunde da, naar alle Pladser var oplaget, fore henimod 50 000 Mennesker over Broen i Timen.

Ved de fleste Højbaner og Undergrundsbaner maa Passagererne gaa op eller ned ad Trapper for at komme fra Gaden til Stationerne; men ved en saa dyb Tunnelbane som den nye elektriske Bane under London, maa man føre Passagererne fra Billetsalgstedet over Jorden til Stationen nede i Dybet og omvendt ved Hjælp af Elevatorer, d. v. s. Platformer, som hejses op og ned i lodrette Skakter. I høje Bygninger har man længe benyttet saadanne Elevatorer, der ofte bevæges ved Elektricitet. I de seneste Aar er man imidlertid begyndt at anvende en helt anden Art af Personløfteværker, nemlig de bevægelige Skraaplaner eller Ramper, som i deres Princip minder noget om det rullende Fortov. De dannes af et bredt i sig selv tilbageløbende Baand, der ved Kæder og Tandhjul eller andre Midler stadig føres rundt i sin egen Retning. Paa en Strækning bevæger Baandet sig skraat opad og fører her Personer, der træder over paa det, med til Vejrs. Hældningen maa ikke være større, end at man let kan staa fast paa Baandet, der tillige i Reglen har saadanne Ujævnheder paa Overfladen, at man ikke godt kan glide paa den. Ankommen til Skraaplanens øverste Ende træder man over paa Gulvet i den Etage, til hvilken Skraaplanen fører op. Ved Siden af og noget højere end Skraaplanen glider et Tov, i hvilket man kan holde sig, til Vejrs, med samme Fart som Baandet. Ret hurtigt kan disse Ramper dog ikke bevæge sig, naar Paa- og Afstigningen ikke skal kræve for megen Behændighed.

Alt i alt er det en overordentlig stor og broget Mængde Midler, der staar til vor Raadighed til Lettelse af Samfærdselen i Nutidens Storbyer. En meget glædelig Side ved den stærke Udvikling paa dette Omraade er det, at Byerne uden store Ulemper kan brede sig over forholdsvis store Fladerum, saa at Befolkningen kan faa rigeligere Adgang til Luft og Lys. En Udflytning fra de tættest sammenbyggede Kvarterer er allerede begyndt mange Steder og vil forhaabentlig blive fortsat.

Foruden paa Sporveje i Byerne og andre Bybaner er elektrisk Drift i de sidste Aar blevet indført paa mange mindre Baner i Byernes Nærhed, Turistbaner m. m., hvor Trafikken er af lignende Art som paa Sporveje, altsaa væsentlig Persontrafik, der besørges ved korte, men hyppigt gaaende Tog. En saadan Deling i mange Smaatog vilde være uøkonomisk ved Dampdrift, da smaa Dampmaskiner virker mindre økonomisk end store; derimod er der ikke nogen afgørende Forskel i Økonomi mellem Driften af en stor og af mange smaa Elektromotorer gennem Ledninger fra samme Kraftstation; i flere Henseender er den stærke Deling endogsaa fordelagtigst. Hertil kommer saa Friheden for Røg og Damp og for andre Ulemper ved- Driften ved Damplokomotiver.

Paa Bjærgbaner medfører elektrisk Drift en Fordel af ganske ejendommelig Art. Naar Toget kører ned ad Bakke, vil Elektromo-

toren. saa snart Farten overskrider en vis Grænse, ikke længere drive Toget frem, men netop gøre Modstand mod Bevægelsen, og jo større Farten bliver, des stærkere bremser Motoren Toget. Herunder virker nu Elektromotoren som Dynamo; i Stedet for at tage elektrisk Strøm fra Ledningen, frembringer den netop Strøm, som gaar op i Ledningen og gennem denne f Eks. kan føres til et andet Tog, der netop er i Færd med at arbejde sig op ad Bakke. Den Arbejdskraft, som under et Togs Køren ned ad Bakke vilde blive opslugt og omdannet til Varme, hvis man bremsede med Bremseklodser, kan man altsaa ved den selvvirkende elektriske Bremsning anvende til at trække et andet Tog til Vejrs, ligesom det sker ved Kabelbaner (S. 297).

I Lande, der har en stor ubenyttet Vandkraft til Raadighed, ligger den Tanke nær at lade elektrisk Strøm frembragt ved Vandkraft, drive Togene ogsaa paa Hovedbaner, ad hvilke Gods og Bejsende befordres mellem forskellige Landsdele. Og da man nu ved at anvende Spændinger paa mange Tusind Volt er i Stand til at sende store Mængder af Arbejdskraft gennem milelange Ledninger uden urimelige Bekostninger, lader Tanken sig ogsaa føre ud i Livet.

I Sverige har man nylig taget Sagen under alvorlig Overvejelse. Italien er imidlertid gaaet i Spidsen paa dette Omraade. Øst for Comosøen i Norditalien paa Banestrækninger af i alt over 100 Kilometers Længde (Valtellinabanen)føres nu baade Persontog og Godstog frem ved elektrisk Strøm, som frembringes ved Vandkraft i et enkelt Elektricitetsværk (Fig. 261) i Morbegna ved Addafloden; og de Banelinjer her er Tale om, er af ikke ringe Vigtighed for Samkvemmet mellem Italien, Svejts og Tyrol, saa at her navnlig om Sommeren løber ikke faa anselige Iltog.

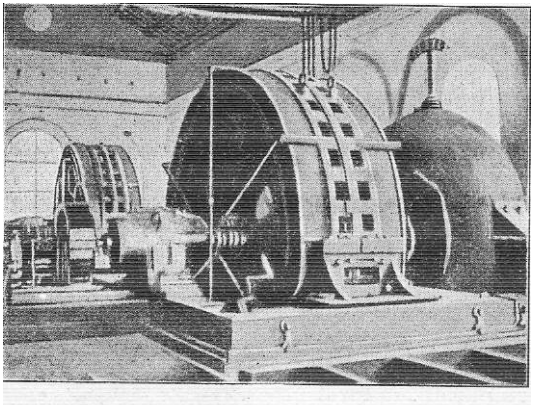


Fig. 261. Valtellinabanens Kraftstationen i Morbegna.

I Elektricitetsværket i Morbegna frembringer 3—4 Turbiner, der. hver kan yde 2000 H. K., Trefasestrømme af 20 000 Volts Spænding. Gennem tredobbelte Luftledninger, som i Hovedsagen følger Banelinjernes Retning, føres . disse Strømme til i alt 9 Transformatorstationer, der ligger ved Banen i passende Afstande. Her omdannes de til Strømme af kun 3000 Volts Spænding, og først disse

Strømme føres ud paa Linjen gennem to Luftledninger; som tredje Ledning tjener Skinnerne. Persontogene bestaar dels af store Motorvogne, der har Plads baade til Passagerer og Motorerne med Tilbehør, dels af Tilhængsvogne. Godstogene trækkes derimod af elektriske Lokomotiver (Fig. 262). Saa vel Motorvogne som Lokomotiver tager Strømmene fra de to Luftledninger ved Hjælp af en Bøjle, der fra Vognens eller Lokomotivets Tag trykkes op mod dem; paa den øverste vandrette Stang er der anbragt to fra hinanden isolerede Kobberruller, der glider paa hver sin Ledning; fra dem føres Strømmen saa gennem Ledningstraade og forskellige Apparater ned til de i Hjulstellene anbragte Drejestrømsmotorer. I Fig. 262 er Bøjlen lagt ned, saa at den ikke rører Ledningerne.

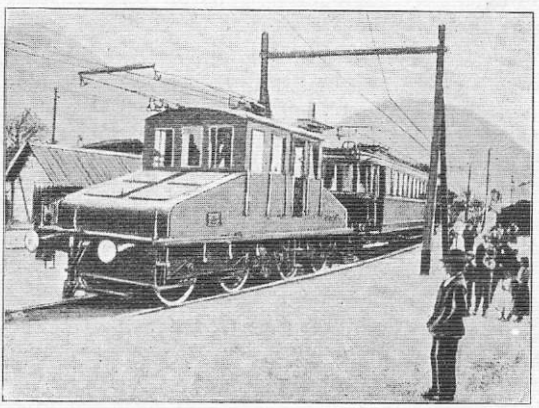


Fig. 262. Tog med elektrisk Lokomotiv paa Valtellinabanen.

Foruden Valtellinnbanen er ogsaa andre Banestrækninger i Nærheden (ved Milano) indrettet til elektrisk Drift, men Strømmen frembringes foreløbig ved Dampkraft, fordi man vilde indhøste Erfaringer, inden man udførte de kostbare Vandkraftanlæg. Men det er sikkert kun et Tidsspørgsmaal, hvornaar den elektriske Banedrift vil være indført i vidt Omfang saa vel i Italien som i andre Lande, hvor der er let og billig Adgang til Vandkraft.

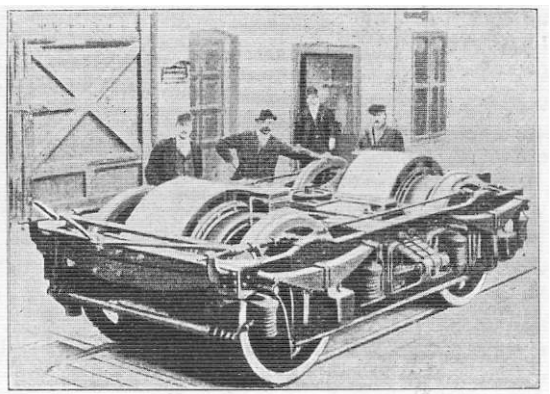


Fig. 263. Hjulstellet til en Motorvogn paa Valtellinabanen.

Det vilde vel være dristigt at paastaa det samme om de Lande

eller Egne, hvor man er henvist til at hente Arbejdskraft fra Kul. Her synes det at være naturligere at spare de elektriske Ledninger og fremdeles at lade Damplokomotiver trække Togene. Men der er dog ogs:ia her adsk llige Grunde, som kunde tale for Indførelsen af elektrisk Drift.

Først og fremmest Ønsket om større Hastighed. Det er tidligere nævnt, at de hurtigste europæiske Iltog kan tilbagelægge benved 100 Km. eller c. 13 Mil i Timen; men selv om dette er en meget anstændig Fart, er det dog naturligt, at man spørger, om vi ikke kunde naa endnu langt videre. Hertil maa der nu svares, at det i alt Fald er meget vanskeligt ved Damplokomotiver at naa synderligt ud over 120 Km. i Timen som Maksimumsfart, 100 Km. som Gennemsnitsfart. Ved saa store Hastigheder faar Luftmodstanden mod Togets Bevægelse stor Betydning, og denne Modstand vokser meget stærkt, naar Hastigheden vokser. En Forøgelse af Hastigheden vil altsaa kræve en betydelig Forøgelse af Arbejdskraften; da nu et Damplokomotiv selv skal føre sit Forraad af Arbejdskraft med sig i Form af Kul, medens det elektriske Tog henter, hvad det til enhver Tid har Brug for, fra Ledningerne, vil allerede denne Omstændighed gøre Damplokomotivet mindre skikket end Elektromotorer til at give Togene meget stor Fart. Men endnu større Vanskeligheder skyldes selve Dampmaskinens Virkemaade; Stemplets frem- og tilbagegaaende Bevægelse giver Anledning til Rystelser og Svingninger af forskellig Art, der virker meget skadeligt paa Skinnerne og ved stærk Fart endogsaa kan bringe Lokomotivet til at hoppe helt op fra Skinnerne. Særlig uheldig er i denne Henseende den Mangel paa Symmetri, som hidrører fra, at Stemplerne paa de to Sider af Lokomotivet ikke maa naa de døde Punkter samtidig (se S. 290). Paa forskellige Maader, f. Eks. ved at give Lokomotivet 3 eller 4 Cylindre i Stedet for 2, kan man maaske nok raade Bod paa disse Ulemper; men i hvert Fald vil det hele Maskineri derved blive mere indviklet.

Ved Elektromotorer, der af Strømmen umiddelbart bringes i omdrejende Bevægelse, har man ikke disse Vanskeligheder at kæmpe med, og paa en Banelinje, der var meget solidt konstrueret og anlagt næsten uden Krumninger og Stigninger samt uden Niveauoverskæringer, idet alle Veje var ført over eller under den, syntes det paa Forhaand rimeligt, at elektriske Tog godt kunde køre med en Fart af et Par hundrede Kilometer eller maaske endnu mere.

For at forstaa, hvilken Betydning dette kunde faa for Samkvemmet mellem Storbyerne, kan vi tænke os anlagt en sa&dan Bane mellem Berlin og Hamborg, der i lige Linie er fjærnet lige saa meget fra hinanden som København og Skagen eller Kristiania og Gøteborg; med en Fart af 200 Kilometer i Timen vilde Vejen da kunne tilbagelægges paa c. 5 Kvarter, og det var saaledes ikke umuligt, at en Mand kunde bo i Berlin og dog have sit daglige Arbejde i Hamborg; Princippet om korte men hyppige Tog, som stemmer

med den elektriske Drifts Natur, vilde yderligere bidrage til at knytte to saaledes forbundne Byer nær til hinanden. For at henle et Eksempel fra en virkelig Banelinje kan det nævnes, at de 4 Mil mellem København og Roskilde med den antagne Hastighed vilde blive tilbagelagt i 9 Minutter, hvor det rigtignok ikke er taget med i Beregningen, at Toget maatte bruge nogen Tid om at naa -den fulde Fart.

Der har da ogsaa været adskillige Planer fremme om elektriske Baneanlæg til Dels af ganske ejendommelig Art mellem Wien og Budapest, Berlin og Hamborg, Paris og Bryssel, Manchester og Liverpool o. fl. Paa den sidstnævnte Strækning, den samme paa hvilken Dampkørselen vandt den endelige Sejr, skulde der efter Planer af Behr anlægges en mærkelig »Enskinnebane« med en enkelt Bæreskinne anbragt paa et trekantet Stillads; Vognenes nederste Del skulde være saaledes tvedelt, at de kunde ride over dette Stillads, hvilende paa Bæreskinnen, men tillige forneden støttende sig til 2 eller 4 Ledeskinner, som hindrede dem i at vælte. En Bane af denne Konstruktion er i Brug et andet Sted i England, men Togene bevæges her med Damplokomotiver og med temmelig ringe Hastighed. For at faa Lov til at anlægge Liverpool-Manchesterbanen, hvor Togene skulde naa en Fart af 170 Km. i Timen el. lign., har Behr maattet udføre mange Forsøg og foretage mange Ændringer i Planen; nu skal Avtoriteterne endelig have givet deres Samtykke, men om der kan skaffes de fornødne Pengemidler, er næppe sikkert.

Langt større Betydning har en Række Forsøg, som er udført paa den 23 Km. lange Banestrækning Marienfeld—Zossen ved Berlin af et »elektrisk Studieselskab« dannet ved Samvirken mellem »Siemens & Halske«, »Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft« og flere Firmaer. Her har man grundigt undersøgt de tekniske Vanskeligheder ved elektrisk Hurtigkørsel, og de Resultater, man har naaet, er i høj Grad opmuntrende.

Da de første Forsøg i 1901 viste, at Banens Overbygning (d.v. s. Skinner og Skinneunderlag) var for svag til, at man turde gaa op til større Hastigheder end 160 Km., blev den i 1903 bygget meget solidere, og ved de derefter udførte Forsøg naaede man en Maksimumshastighed af ikke mindre end 210 Km. eller 28 Mil i Timen; hvert Minut fløj saaledes 3—4 af de langs Baneii opstillede Kilometersten forbi Passagerernes Øjne. Ganske vist kunde denne Fart kun opretholdes paa en ganske kort Strækning, da Banen flere Steder har for stærke Krumninger, og man desuden maatte bremse i Tide — uden Bremsning vilde Vognen af sig selv kunne løbe saa langt som fra København til Roskilde eller længere, inden den gik i Staa. Gennemsnitshastigheden paa de 23 Km. blev dog 175 Km. i Timen.

Da man ikke turde stole paa, at Banesignalet til Bremsning kunde ses i Tide under den rasende Fart, lod man paa et bestemt Sled af Banen Motorvognen avtomatisk slutte en elektrisk Stram,

der saa inde i Vognen førte en grøn Skive frem foran Vognstyrerens Plads og derved gav ham Signal til at bremse.

Fig. 264 viser en af de to Motorvogne, som vekselvis benyttedes ved Forsøgene; den er for ikke at byde Luften for megen Modstand gjort kileformet ved Enderne. Under Vognen i Hjulstellene er der anbragt 4 Drejestrømsmotorer, som er i Stand til at udvikle c. 3000 Hestekræfter tilsammen. Saa meget er der dog kun Brug for, medens Vognen skal sættes i Fart. Strømmen tages fra de 3 Luftledninger ved Hjælp af Kontaklbøjier, der hver har en lodret Traad, som ved Fjederkraft holdes trykket mod den paagældende Luftlednings fri, mod Vognen vendte Side, Spændingen i Lednin-

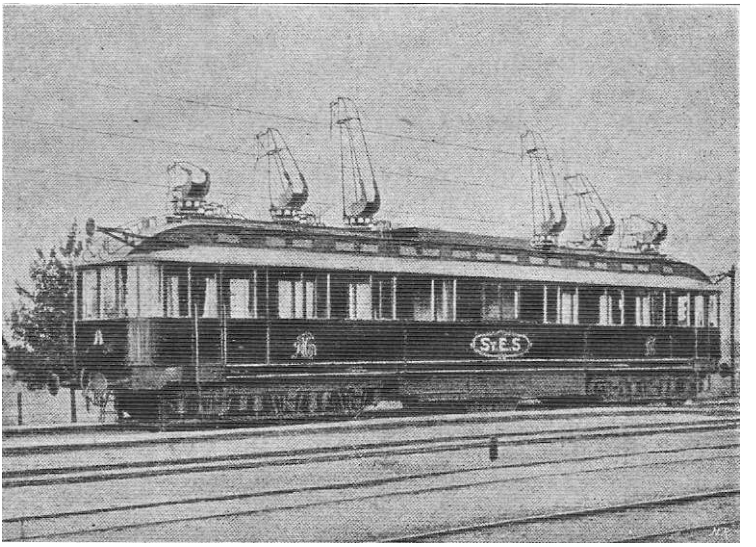


Fig. 264. Motorvogn fra de tyske Hurtigkørselsforsøg.

gerne er 10—14000 Volt, men den nedsættes til c. 1000 Volt ved Transformatorer under Vognen. Ved andre Forsøg har det for øvrigt vist sig, at man godt kan bruge Strømme med 10 000 Volts Spænding direkte i Elektromotorer i en Motorvogn.

Det er ikke usandsynligt, at der paa Grundlag af Studieselskabets Resultater i en nær Fremtid virkelig vil blive anlagt en Bane til elektrisk Hurtigkørsel mellem Berlin og Hamborg; man vil dog næppe straks her anvende en Kørehastighed af 200 Km.

Paa almindelige Banelinjer, hvor der ikke tilstræbes ekstraordinær Hurtighed, er det vel rimeligt, at Damplokomotiverne endnu længe vil kunne holde Stand mod den fremrykkende Elektricitet; men selv her har den elektriske Drift dog nogle Fordele. Dels vil

store Dampmaskiner, der driver Dynamoer paa Elektricitetsværker, virke mere økonomiske end selv de bedste Lokomotivmaskiner, og dels vil den lettere Adgang til at fordele Trafikken i mange Smaatog ogsaa her være en Behagelighed. Maaske kan disse og andre Grunde efterhaanden faa saa stor Vægt, at man selv i et Land, der som Danmark ikke har nævneværdig Vandkraft, med Tiden vil lade den elektriske Drift afløse Dampdriften paa Jærnbanerne.

Dette sidste Udtryk er egentlig ikke korrekt, forsaavidt som der jo ikke er Tale om at afskaffe Dampmaskinen, men blot om at forvise den fra Togene til Kraftstationer. En anden Sag er del, at den maaske her kan komme til at vige for Gasmaskinen. Ved enkelte baade store og smaa Elektricitetsværker har man allerede indført Gasmaskiner, dog rigtignok ikke drevne ved Belysningsgas, men derimod ved den saakaldte Vandgas; denne frembringes af »gasfrit« Kul — Kokes eller Anthracitkul — idet man leder Vanddamp hen over de glødende Kul; Vandet skilles da i Brint og i Ilt, hvilket sidste forener sig med Kulstof til en kemisk Forbindelse »Kulilte«, der er mindre iltholdig end Kulsyre. Naar Vandgassen (Kulilten -)- Brinten) senere brænder i en Gasmaskines Cylinder, forener Kulilten sig med Ilt til Kulsyre, Brinten med Ilt til Vanddamp. Dersom den almindelige tekniske Udvikling, saaledes som nogle mener, skulde medføre, at uvan mere og mere gaar over til at anvende Kullene paa den angivne Maade i et Vandgasværk og en Gasmaskine i Stedet for at brænde den i en Dampmaskines Ildsted, er det rimeligt, at dette vil bidrage til at skaffe den elektriske Jærn banedrift Sejren.

En anden Mulighed er den, at man nærved Tørvemoserne kunde anlægge Elektricitetsværker, der frk Arbejdskraften fra Tørvene, idet disse udnyttedes enten under en Dampkedel eller i Tørvegasværk og Gasmaskine, den elektriske Strøm fra disse Værker kunde da bl. a. drive Banetogene i Omegnen.

Men allerede under de nuværende Forhold er der Teknikere, som anser det for fornuftigt at lade den elektriske Drift holde sit Indtog paa de danske Baner, og denne Anskuelse har bl. a. faaet sit Udtryk i Forslaget om en elektrisk Bane midt gennem Sjælland fra Nord til Syd; denne Bane vilde faa omtrent samme Længde som Valtellinabanen, som da ogsaa skulde være dens nærmeste Forbillede.

XIII. LUFTSEJLADS.

Drager. — Luftballoner. — Styrbare Luftskibe. — Flyvemaskiner.

Mennesket har til alle Tider misundt Fuglen, der kunde hæve sig op i Luften og flyve hen over Skove og Floder, Bjærge og Kløfter, og Ønsket om, at vi kunde gøre som den, har givet sig talrige Udslag saavel i mislykkede Flyveforsøg som i gamle Sagn og Æventyr om Mennesker, der fløj i Fjederham over Land og Hav. Vor Tids Mennesker har nu rigtignok paa ganske andre Maader overvundet mange af de Hindringer, som man tidligere drømte om at overskride paa Fuglevis; Nutidens Iltog farer saaledes tværs igennem Alperne om Kap med Fuglen, der flyver over dem. Men med Hensyn til selve det Maal at kunne foretage Bejser gennem Luften har vi kun meget langsomt og med stort Besvær naaet nogle Resultater, som maa forekomme os lidet tilfredsstillende, saa snart vi sammenligner det, vi formaar ved al vor Kløgt og alle vore sindrige Maskiner, med det, som Fuglen udretter tilsyneladende med legende Lethed. Vi skal nu i det følgende nærmere betragte, hvad der hidtil er naaet, og hvilke Muligheder der synes at frembyde sig for, at den kommende Tid vil bringe os nærmere til Maalet.

Det første lille Skridt, Menneskene har gjort i Retning' af Luftsejlads, betegnes ved Opfindelsen af »Dragen«, som vistnok i det fjærne Østen har været kendt fra meget gammel Tid. Den har som Forbillede ikke Fuglen, men snarere Papirstykker, der føres af Sted af Vinden, Klædningsstykker, der blæses op af den o. s. v.

Naar en Plade holdes i en skraa Stilling saaledes, at dens nedadvendte Flade træffes af Vinden, vil Luften blive noget fortættet langs Undersiden, noget fortyndet langs Oversiden, og det derved frembragte Lufttryk fra Undersiden mod Oversiden søger at bevæge Pladen ikke blot fremad i Vindens Retning, men ogsaa opad. Dette er Princippet for Dragen, der jo i sin almindeligste Skikkelse blot er en stor, let, af Papir (eller Tøj) og Træstivere dannet Plade, som holdes i skraa Stilling dels ved Hjælp af en lang »Hale« af Seglgarn og Papirstumper, dels ved Hjælp af den Snor, der forbinder Dragen med Jorden. Denne Snor er en nødvendig Betingelse for, at Vinden kan holde Dragen oppe; selv om man ved andre Midler sørgede for, at Dragen holdt sig i skraa Stilling i Luften, vilde det ikke hjælpe; thi naar Snoren blev fjærnet fra en Drage oppe i Luften, vilde Vinden føre Dragen med sig, i første Øjeblik maaske ogsaa løfte den noget, men naar Dragen først havde faaet samme Fart som Vinden, vilde den ikke længer paavirkes af noget Tryk, som kunde holde den oppe. Inden den naar Jorden, kan Vinden vel føre den en lang Vej, og opadgaaende Luftstrømme kan maaske af og til løfte den noget i Vejret; men virkelig fri Flugt mod Vind og Tyngdekraft bliver der ikke Tale om.

Dragen har indtil den allersidste Tid næsten kun været brugt

som Legetøj, men for over halvandet hundrede Aar siden har en Drage dog spillet en vigtig Rolle ved en Opfindelse af stor Betydning; herved sigtes til den amerikanske Frihedsmand og Naturforsker Benjamin Franklins Opfindelse af Lynaflederen. For at undersøge, om den Opfattelse var riglig, at Tordenskyer var elektriske, og Lynet en elektrisk Gnist af væsentlig samme Natur som dem, man nede ved Jorden kunde frembringe ved Elektrisermaskiner, lod Franklin en Drage med en Metalspids gaa op til Skyerne under et Tordenvejr. Fra Metalspidsen gik en lang Hampesnor ned lil en Nøgle; til denne var der bundet en kort Snor af eleklricilelsisolerende Stof (Silke), ved hvilken Franklin holdt Dragen. Da Hampesnoren blev vaad af Regnen og derved godt ledende for Elektriciteten, kunde Franklin trække Gnister af Nøglen. Efter saaledes at have godtgjort Tordenvejrets elektriske Natur anbragte han paa sit Hus en Jærnslang, der ragede op cver Taget og foroven endte i en Spids, medens den forneden blev sat i ledende Forbindelse med Vandet i en Brønd. Elektriciteten fra Skyerne vilde da, om den overhovedet søgte ned mod Huset, gaa til Jærnstangen og derfra ledes ned i Brønden uden at skade Huset. Franklins Stanglynafleder har i den forløbne Tid staaet sin Prøve godt, reddet talrige Menneskeliv og skærmet uhyre Værdier mod Lynets Ødelæggelser; først i de sidste Aar har den faaet en Konkurrent i Netlynaflederen (S. 54).

Ogsaa til andre meteorologiske Undersøgelser højt oppe i Luften er Dragen i Tidens Løb blevet anvendt, men først i den nyere Tid i noget større Omfang. Paa Blue Hill-Observatoriet i Nærheden af Boston i Amerika begyndte man i 1897 at sætle Drageobservationer i System, idet man lod Dragerne medføre en »Meteorograf«, hvorved forstaas en Kasse med selvtegnende Instrumenter, i Reglen Anemometer (Vindstyrken!aaler), Fugtighedsmaaler, Termometer og Barometer; af det sidstnævntes Angivelser af Lufttrykkets Størrelse kunde man udregne Dragens Højde over Jorden paa forskellige Tidspunkter. Man lod i Reglen Dragerne gaa op til en Højde af 2—3 Kilometer, men har en enkelt Gang naaet 5 Kilometer eller $^2/_3$ Mil.

Ved disse Forsøg benyttedes ikke almindelige flade Drager med Hale, men derimod de af Avstraleren Hargrave opfundne Kassedrager, hvis Indretning fremgaar af Fig. 265, 2; Fig. 265,1 viseren anden nyere Drageform, som nærmer sig mere til det sædvanlige, men næppe er saa god som Hargraves. I Stedet for en Seglgarnssnor anvendte man til at holde Dragen en stærk Staaltraad (Klaverslræng), som var oprullet paa Valsen i en Vinde.

At bygge en enkelt Drage saa stor, at den kunde bære et Menneske, lader sig ikke godt gøre hverken ved de plane Drager eller Kassedragerne, fordi Vægten af den fornødne Afstivning vil vokse i stærkere Forhold end Størrelsen af de bærende Flader. Vil man have loftet en stor Vægt, maa man hellere anvende liere Drager

efter hinanden paa samme Snor; denne Fremgangsmaade benyttes f. Eks., naar man vil naa saa store Højder, at Vægten af Snoren bliver meget stor, og man har ogsaa ved Hjælp af flere Drager af og til løftet Mennesker.

Det var imidlertid ved helt andre Midler, det allerede i det 18. Aarhundrede var lykkedes at løse den første Del af Luflsejladsens Problem, nemlig den Opgave at faa Mennesker til at hæve sig frit op i Luften. Opfindelsen af Barometer og Luftpumpe, som alter førte til Erkendelsen af, at Luften vejede noget, havde endnu tidligere sat Tankerne i Bevægelse angaaende denne Sag. Kunde man finde et Legeme, der var lettere end samme Bumfang Luft, vilde det sikkert stige til Vejrs i Luften, ligesom et Legeme, der er af lettere Stof end Vand, stiger til Vejrs, naar det slippes løs nede under Vand. En italiensk Jesuit Lana foreslog, at man skulde bygge et Slags Luftskib af 4 store Kobberkugler, af hvilke Luften pumpedes ud; naar Kuglerne var store nok og Væggene meget tynde, vilde Luften kunne bære dem. Men Lana havde ikke betænkt, at Lufttrykket vilde klemme de tyndvæggede Kobberkugler sammen.

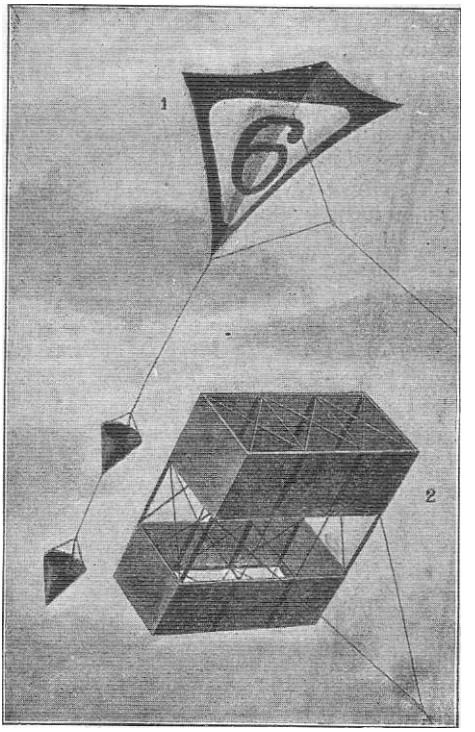


Fig. 205. Nyere Drageformer.

Først mange Aar senere aabnedes der nye Muligheder ved Opdagelsen af Luftarten Brint, der er omtrent 15 Gange saa let som almindelig, atmosfærisk Luft. Hvis Lanas Kugler var fyldt med Brint, vilde de ikke veje stort mere, end om de var luftttomme, og dog kunde der være lige saa stort Lufttryk i deres Indre som udenfor, saa at de ikke vilde blive sammentrykket, selv om Væggene var nok saa tynde; der var da slet ingen Grund til at bruge et stift Metalhylster; man kunde i Stedet fylde en Pose eller andet bøjeligt Hylster med Brint. Italieneren Cavallo lod brintfyldte Sæbebobler stige til Vejrs; der blev endvidere gjort flere mislykkede Smaaforsøg med Svineblærer m. m..

men skønt Fysikerne vel vidste, at der til Løftning af et Menneske kun vilde udkræves en tilstrækkelig stor, temmelig lufttæt Pose fyldt med Brint, blev der ikke sat Kraft ind paa at tilvejebringe en saadan Brintballon, førend Sagen fik et Stød fremad ved Opfindelsen af en anden Slags Luftballon.

To Franskmænd, Josef og Etienne Montgolfier, Sønner af en Papil-fabrikant i Byen Annonay, havde ved at betragte Skyernes Sæven og Stigen faaet den Ide at indeslutte en Sky i en stor Pose ved at lade Dampe fra en Kedel stige op i den, og haabede da, at Posen vilde gaa til Vejrs. Forsøget lykkedes ikke, men derimod fik de senere en Papirpose til at gaa op i Luften, da de lod Luft og Røg fra brændende fugtigt Halm og Uld trænge ind i Posen gennem en Aabning forneden. Da de forud havde læst om Brintens Egenskaber, troede de nu, at de ved Halmens og Uldens Forbrænding havde faaet udviklet en ny Slags Luft, der ligesom Brinten havde ringere Vægtfylde end atmosfærisk Luft; endvidere antog de, at den frembragte Luft var af elektrisk Natur, og at dette spillede en vigtig Rolle ved Forsøget. Disse Antagelser var imidlertid ganske fejlagtige; Luften i Posen var blot atmosfærisk Luft, som var blevet opvarmet af Ilden og derved blevet lettere. Men Resultatet — at Posen gik til Vejrs —- var sikkert nok.

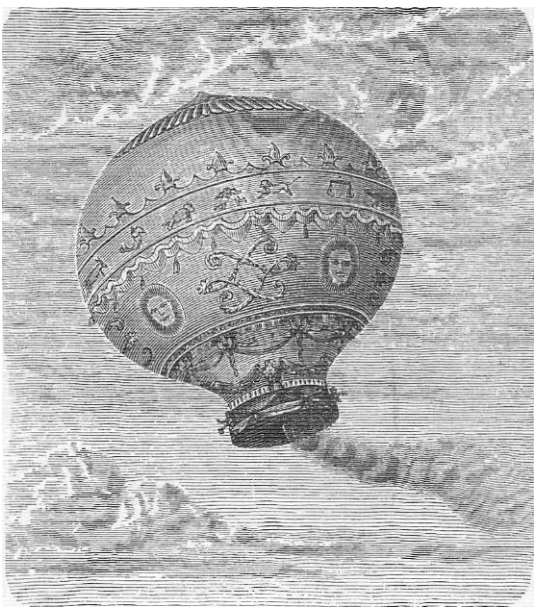
Brødrene tog nu fat paa at lave en stor Lærredsballon, 12 Meter i Tværmaal, som de den 4. Juni 1783 i en stor Menneskemasses Paasyn lod stige til Vejrs i Annonay. Rygtet om denne Begivenhed bredte sig hurtigt over hele Frankrig; i Paris vilde man straks have Forsøget gentaget, og det blev overdraget en anset Fysiker Jacques Charles at sætte Sagen i Værk. Da han ikke kunde faa sikker Besked om Brødrene Montgolfiers Fremgangsmaade, besluttede han at lave en Brintballon. Man var den Gang ikke vant til at fremstille Brint i ret store Mængder, og det voldte derfor meget Besvær at faa fyldt Ballonen, skønt den kun var c. 3 Meter i Tværmaal. Men Opstigningen, der fandt Sted den 27. August 1783 fra Marsmarken ved Paris, forløb godt og vakte umaaadelig Begejstring hos Befolkningen; det siges, at der var samlet henimod 300 000 Mennesker fra Paris og Omegn for at se paa Opstigningen.

Det næste Skridt at lade Mennesker stige op i Luften med en Ballon blev gjort endnu samme Aar, først med en Varmluftsballon (»Montgolfiére«) og senere med en Brintballon (»Charliére«), Fig. 266 viser Varmluftsballonen, der den 21. November førte Pilåtre de Bozier og Markis d'Arlandes hen over Paris; og Fig. 267 er et Billede af Brintballonen, med hvilken Charles og hans Værkfører Robert gik op fra Tuillerihaven i December 1883. Allerede med denne Ballon naaede Charles en Højde af 4 Kilometer eller over ½ Mil.

Montgolfiéren, hvis Stigkraft frembragtes af en Ild, der brændte under dens nederste aabne Ende, kunde man bringe til at stige og dale ved henholdsvis at øge eller mindske Ilden. Ildbækkeuets

Nærhed ved det brændbare Ballonhylster medførte imidlertid for stor Brandfare, og navnlig af denne Grund har man helt opgivet at anvende Varmluftsballoner til Løftning af Mennesker. Allerede i 1785 fik Betænkelighederne ved at bruge Montgoliiéren stærk Næring derved, at Bozier og hans Ledsager Fysikeren Romain omkom ved at styrte ned med en Ballon fra en betydelig Højde; om det virkelig var liden, der her var Skyld i Ulykken, er dog tvivlsomt.

Charliéren bruges derimod den Dag i Dag med væsentlig samme Indretning, som Charles havde givet den, første Gang han gik op med den. Dog fyldes den nu ofte med Gas i Stedet for med den kostbarere Brint, men maa saa laves større for at give samme Bærekraft, da Gassens Vægtfylde omtrent er det halve og ikke som Brintens $^{1}/_{15}$ af den atmosfæriske Luft.



Fi g. 206. Montgolfiére fra 1783

I Charliéren har Passagererne Plads i en »Gondol«, som ved et Net er ophængt i Ballonen. I Gondolen medføres Ballast — i Beglen Sand — som Luftskipperen udkaster noget af, naar han vil stige; han bringer derimod Ballonen til at dale ved at slippe Brint eller Gas ud af en Ventil, som er anbragt foroven i Ballonhylstret, men kan aabnes nede fra Gondolen ved Træk i en Snor. Hvis en Ballon helt var lukket og fyldt med Gas, vilde Gassens Tryk inde fra sprænge Hylstret, naar Ballonen kom op i større Højder, hvor Lufttrykket paa Hylstrets Side er mindre. Denne Fare kan man undgaa ved at lade der være en Aabning forneden i Hylstret; saa længe Ballonen holder sig i samme Højde, tabes der ikke videre Gas gennem denne Aabning, fordi Gassen stræber at gaa til Vejrs; men under Opstigning kan den Gas, som ellers vilde sprænge Hylstret, slippe ud. Undertiden bruger man dog nu helt lukkede Balloner, der saa — foruden Topventilen — har en Sikkerhedsventil, som aabner sig af sig selv, inden Gassens Tryk bliver saa

meget større end den ydre Lufts, at en Sprængning kunde befrygtes. I enkelte Tilfælde anbringer man endvidere inden i det store Hylster et mindre Hylster — den saakaldte Ballonet — i hvilket man kan indpumpe Luft nede fra Gondolen og derved bevirke, at det ydre Hylster altid holdes udspændt. Ballonet'en er opfundet allerede 1783 af den franske Officer Meusnier, men har først i* nyere Tid faaet større Betydning, navnlig ved de styrbare Luftballoner, hvor det er meget vigtigt, at Ballonlegemet bevarer sin Form uforandret.

Ved Nedstigningen udkaster Luftskipperen i Reglen et Anker, som ved at gribe fat i Jordsmonnet, Buske o. s. v., skal hindre Vinden i at slæbe Ballonen med Gondol og Passagerer hen over Jorden. Undertiden medfører Luftskipperen en Faldskærm, med hvilken han i Nødsfald kan springe ud fra en betydelig Højde. Faldskærmens væsentligste Del er en stor Tøjflade, som under Faldet foldes ud af Lufttrykket og forhindrer, at Faldet foregaar ret hurtigt. Den blev anvendt ved en Luftballon allerede 1783. Princippet for den er i øvrigt angivet af den berømte italienske Maler og Ingeniør Leonardo da Vinci (c. 1500).

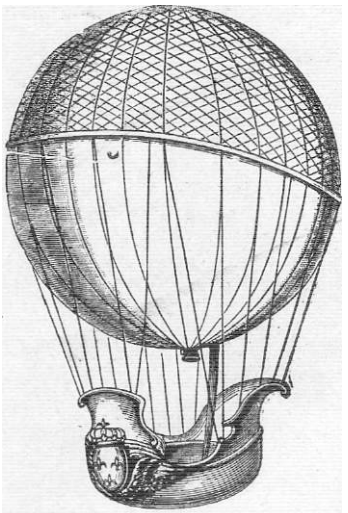


Fig. 267. Charlière fra 1783.

Luftballonen og Lynaflederen var sikkert de to Opfindelser, som i det 18. Aarliundrede gjorde dybest Indtryk i vide Kredse. Medens James Watts Navn uden for England næppe var kendt af mange andre end Teknikere, hørte Benjamin Franklin, »der frarev Himlen Lynet og Tyrannerne Sceptret«, til Tidens populæreste Mænd; og vi har jo ovenfor set, hvilken Storm af Begejstring de første Luftballoner vakte. Dette, at Mennesker kunde trodse Lynilden og overvinde Tyngdekraften, blev for mange fremsynte Mænd til store Forvarsler om en ny Tid, hvor Menneskene skulde lære at gøre sig Naturkræfterne underdanige. Varslerne bedrog ikke; men den direkte Andel, som disse Opfindelser fik i Udviklingen, blev rigtignok kun ringe; navnlig om Luftballonen maa det siges, at den hidtil kun har faaet liden Betydning i Forhold til, hvad mange oprindelig ventede sig af den, og det er ikke saa meget Luftelektriciteten, vi har lært at betvinge i vore Dage, som den, vore egne Maskiner frembringer.

Siden Luftballonens Opfindelse har mange Mænd udført dristige Luftrejser, væsentlig blot for at prøve, hvor langt og hvor højt man kunde gaa med det nye Fartøj. Talrige andre er udført som Folke-

forlystelser; allerede i 1784 og følgende Aar begyndte man at lade »aérostatiske Figurer«, d. v. s. brintfyldte Menneske- eller Dyrefigurer, gaa til Vejrs; Taskenspillere udførte ved deres Forestillinger allebaande aérostatiske Numre, indbød f. Eks. Tilskuerne til at spise lækre Pølser, der laa i et Glaskar, men som fo'r op i Luften', saa snart man tog Laaget af, o. s. v.; senere anvendtes aérostatiske Figurer meget i Reklamens Tjeneste. En mere nyttig Brug af Luftballonen blev dog allerede gjort af Charles, idet han udførte meteorologiske Observationer oppe i Luften, og i Tidens Løb har videnskabelige Luftfarter bidraget ikke saa lidt til vort Kendskab til Lufthavets højere Lag; et Par Gange er Mennesker naaet op til en

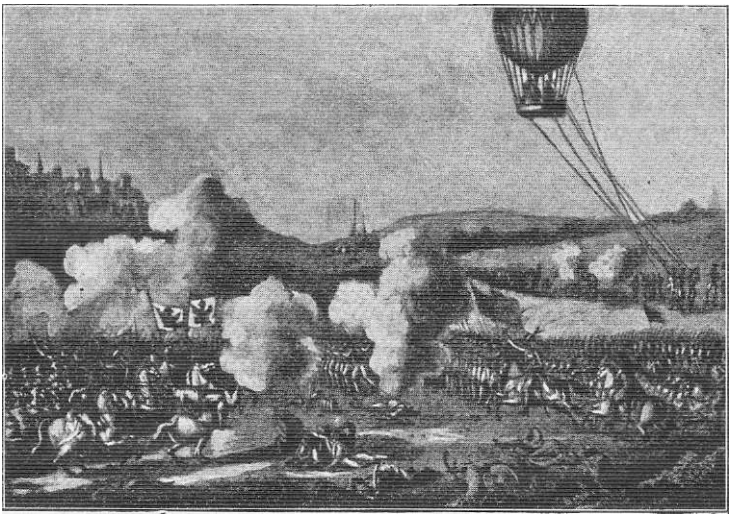


Fig 268. En fortøjet Ballon anvendt i Slaget ved Fleurus. (Efter et gammelt Kobberstik.)

Højde af 10 Kilometer, hvor Luften er saa tynd, at det kun ved Hjælp af medført komprimeret Luft bliver muligt for Luftskipperen at aande. Ubemandede Balloner er naaet op til langt større Højder, en enkelt Gang endog til den dobbelte Højde; saadanne »Sondérballoner« med selvtegnende Instrumenter anvendes nu ligesom Drager meget i Meteorologiens Tjeneste; de medfører en Skrivelse, der paa flere Sprog anmoder den, der finder dem, om mod en Belønning at tilbagesende Kassen med Instrumenter til den Institution, der- har besørget deres Opstigning.

Ogsaa til Bekognosceringer i Krigstid har Luftballonen tidligt faaet Anvendelse. Allerede i Slaget ved Fleurus den 26. Juni 1794 gjorde en fortøjet Ballon (»ballon enptif«) Tjeneste i dette Øje-

med. I vore Dage er de fleste Hære forsynede med Ballonmateriel. En almindelig forløjet Ballon vil imidlertid let af Vinden sættes i saa stærke og ubehagelige Svingninger, at Iagttagelser fra den i høj Grad vanskeliggøres. Undertiden giver man derfor fortøjede Ballooner en langstrakt Form og anbringer Gondolen, ikke under Midten, men nærmere den ene Ende; Ballonen stiller sig da skraat og paavirkes paa lignende Maade som en Drage, hvorved den faar større Stabilitet (ringere Tilbøjelighed til at svinge og dreje sig). Naar den tillige ikke er stor nok til helt at bære Gondolens Vægt, uden at Vindtrykket hjælper til, bliver det jo i Virkeligheden en Mellemting mellem en Drage og en Ballon og kaldes da ogsaa en Drageballon. Drageballoner benyttes ogsaa i Meteorologien.

I Krigstid kan Luftballonen ogsaa finde Anvendelse paa anden Maade, f. Eks. til at føre Personer eller Depesjer ud af en belejret By, som det skete under Paris' Belejring 1871. En af de den Gang opsendte Balloner tog rigtignok en lille Tur over Nordsøen og landede i Norge med sine to Passagerer. Og de Forsøg, der blev gjort paa at sende Ballonbud udefra ind i Paris, mislykkedes fuldstændigt.

Det fremgaar heraf, at Ballonen er et meget ufuldkomment og upaalideligt, Rejsemiddel, og dette er ikke saa underligt, da den fuldstændig følger med Vinden. Naar Vindretningen er forskellig i højere og i lavere Luftlag, kan Luftskipperen ganske vist ved al stige eller dale forandre Ballonens Rejseretning; men Anvendelsen af dette Middel forudsætter Kundskab om Vindretningen i forskellige Højder, hvad han i Reglen ikke saa let kan skaffe sig forud, og vil han prøve sig frem ved vekselvis at stige og dale, maa han forbruge Ballast og Gas og derved afkorte den Tid, Ballonen kan holde sig svævende. Ret langvarige Rejser kan man vanskelig foretage med en Luftballon; thi selv om Hylstret laves meget lufttæt, vil der altid voldes betydelige Gastab ikke blot ved Højdeforandringer, men ogsaa ved Temperaturforandringer, som fremkalder Udvidelser og Sammentrækninger af Gasmassen. Den længste virkelig fri Luftfart saa vel i Vej som i Tid er den, der blev udført af Franskmanden Grev de la Vaulx i Oktober 1900 fra Frankrig til Rusland; den varede knap halvandet Døgn, i hvilken Tid Ballonen tilbagelagde henimod 2000 Km. eller over 250 Mil.

Det kunde ligge nær at tro, at man kunde styre en Ballon noget bort fra Vindretningen, naar man byggede den aflang ligesom et Skib og forsynede den med et stort Sejldugsror; men et saadant Ror eller Styresejl kan i Virkeligheden ikke gøre nogen som helst Virkning, naar Balionen driver af Sted med Luftstrømmen, ligesaa lidt som et Ror kan nytte et Skib, der driver nedad en Flod med samme Fart som Vandet. Først naar man kan give Ballonen en anden Hastighed end den omgivende Luft, kan der blive Tale om at styre den ved et Ror.

Nemmest bringes Ballonens Hastighed til at afvige fra Luftens

derved, at man lader et langt Tov hænge ned fra den og slæbe paa Jorden, saa at Ballonen sinkes i sin Fart. Et saadant Slæbetov er til megen Nytte ved Nedstigningen, baade fordi det formindsker Farten hen over Jorden, og fordi det gør Ballonens Dalen langsommere; idet den synker, vil Jorden (eller Vandet) under den jo komme til at bære en stedse større Del af Tovet og derved lette Ballonen. Det var den svenske Ingeniør André, der indførte en mere udstrakt Anvendelse af Slæbetove i det Øjemed under en længere Ballonfart at holde Ballonen i en ringe og nogenlunde ensartet Højde, og han søgte tillige at anvende Styresejl, som virkelig ogsaa ved flere Forsøgsfarter viste sig i Stand til at tvinge Ballonen ikke saa lidt ud af Vindretningen. Disse Foranstaltninger vilde han benytte ved Ud-

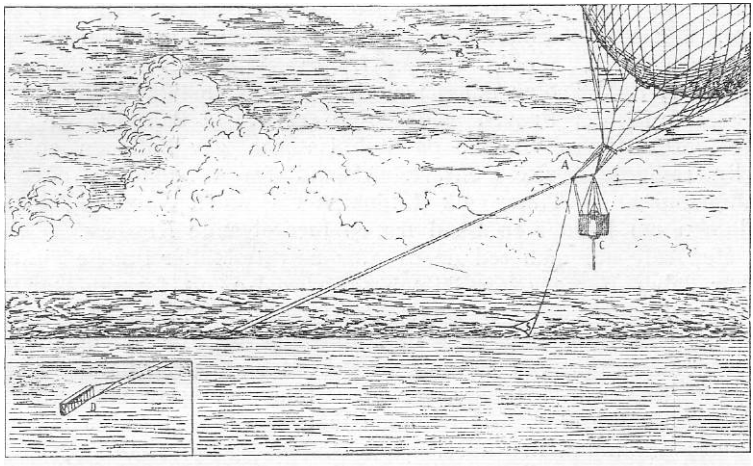


Fig. 269. Ballon med Afdriftsanker og Stabilisator.

førelsen af den dristige Plan at gaa i Ballon hen over Nordpolen; den 11. Juli 1897 gik han med to Ledsagere til Vejrs fra »Danskøen« ved Spitsbergen i en Kæmpeballon og begyndte derved sin berømte Nordpolsfart, fra hvilken han aldrig skulde vende tilbage.

Paa en helt anden Maade end ved Styresejl har Franskmanden Hervé ved Luftfarter hen over Havet ført Ballonen ud af Vindretningen. For at opnaa dette lader han Ballonen gaa omtrent néd til Havfladen og her slæbe et »Afdriftsanker« af Form som en Reol efter sig i Vandet ved to lange Tove, der er fæstede hver til sin Ende af Reolen; naar Tovene er lige lange, indtager Reolen en saadan Stilling, at baade dens Sider og dens Hjdder kan glide gennem Vandet uden synderlig Modstand; men forkortes det ene Tov, stilles Hylderne skraat mod Bevægelsesretningen, hvorved Ankeret føres ud til Siden og ved sit Træk i Ballonen giver denne en Afdrift fra Vindretningen.

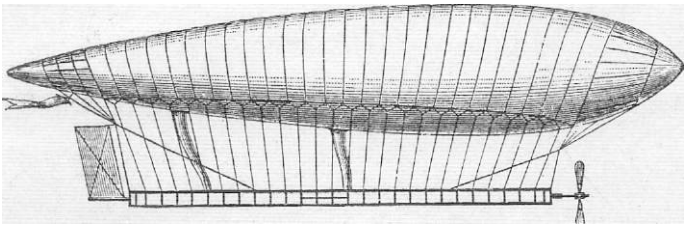
Hervé har med Held benyttet sit Afdriftsanker bl. a. ved en Middelhavsfart i 1901 sammen med Grev de la Vaulx. Her benyttede han tillige i Stedet for et almindeligt Slæbetov en Slags Træslange, der svømmede paa Vandet og var sammensat af en Række Led, saa at den kunde bugte sig hen over Bølgerne. Denne Træslange kaldes Stabilisatoren eller Ballastavtomaten, da den hindrer Ballonen i at hoppe op og ned under Farten; Slangens Længde var 5 Meter, dens Vægt 600 Kg., og ved en Stigning af blot 1 M vilde Ballonen altsaa blive belastet med 120 Kg. I Fig. 269 ses lidt af Stabilisatoren *S,* og Afdriftsankeret *D*'s Udseende og Stilling er vist i en særlig lille Afdeling af Billedet. — Overgangen fra fri til bunden Luftfart udføres derved, at man nærmer Ballonen til Havfladen og hejser Vandballast op ved et Tov (C i Fig. 269), indtil Ballonen er sunket saa dybt, at hele Træslangen bæres af Vandet; vil man atter stige, udkastes Vandballasten. Skønt det egentlige Maal for den omtalte Luftfart, nemlig at gaa fra Frankrig over Middelhavet til Afrika, slet ikke blev naaet paa Grund af ugunstige Vinde, bestod Hervés Apparater Prøven godt. Ankeret bragte Ballonen til at afvige indtil 40° fra Vinden, og Stabilisatoren gav Ballonen en temmelig rolig Bevægelse i ensartet Afstand fra Vandfladen; efter en Luftfart paa 41 Timer gik Luftskipperne uden Vanskelighed fra Ballonen om Bord i en Baad fra en medfølgende Krydser.

Men selv om man ved de ovenfor nævnte Midler i nogle Tilfælde bliver delvis Herre over Ballonens Bevægelse og formindsker Farerne ved Luftfarter over Havet, bliver Luftballonen dog i endnu langt høiere Grad end Sejlskibet afhængig af Vinden, og dennes Herredømme kan kun brydes derved, at man giver Ballonen selvstændig Drivkraft. Desuden er en Ballon, der gaar med Afdriftsanker og Stabilisator, jo i Grunden ikke et virkeligt Luftfartøj, men et Slags Amfibium, der hører baade Luften og Havet til.

I 1852 havde Franskmanden Giffard bygget det første Luftskib med Drivkraft; denne ydedes af en lille 3 Hestekrafts-Dampmaskine, som drejede en Aksel med Skrueblade, der virkede paa Luften som Skibsskruen paa Vandet. Allerede Leonardo da Vinci havde forøvrigt angivet »Luftskruen« som et Middel til at drive Genstande fremad eller opad i Luften. Den bærende Ballon i Giffards Luftskib var langstrakt i vandret Retning og tilspidset i begge Ender; dens Længde var 45 M§ dens største Tværmaal 12 M. Til at give et saa mægtigt Legeme ret stærk Fart gennem Luften var Maskinens Kraft altfor ringe, og Giffard kunde derfor kun i svag Vind ved et i Bagenden anbragt Styresejl føre Skibet noget bort fra Vindretningen.

Af de senere Forsøg maa først og fremmest nævnes det, som blev udført i 1884 af de franske Officerer Renard og Krebs med Luftskibet »La France« (Fig. 270). Det blev drevet frem af en Elektromotor paa 9 II, K., som formaaede at give det en Fart af 6 M. i Sekundet, svarende til 22 Km. eller omtrent 3 Mil i Timen;

ved 3 af de 7 Ture, som udførtes med det, lykkedes det at føre det tilbage til Udgangspunktet, efter at det havde udført en Sløjfebevægelse og tilbagelagt en Vejlængde, som i gunstigste Tilfælde var i alt 12 Km. Den opnaaede Hastighed var vel ikke saa ringe, men da det ikke er nogen ret stærk Vind, der gaar 3 Mil i Timen, kunde »La Frances kun gaa op imod svage Vinde; den virkelige Fart, med hvilken et Luftskib bevæger sig hen over Jorden, faar man jo nemlig, naar Skibet gaar lige mod Vinden, ved at trække Vindhastigheden fra Skibets Egenhastighed i Forhold til den omgivende Luft; gaar Skibet med Vinden, skal man derimod sammenlægge dets Egenhastighed med Vindens. Renard udtalte selv, da »La France« havde naaet en Fart af 6—7 M. i Sekundet, at man maatte op til den dobbelte Hastighed i det mindste, hvis et Luftskib skulde kunne gaa mod Vinden i 8 Tilfælde af 10, men for at faa Skibets Hastighed fordoblet, maa man — alt andet lige — gøre Maskinkraften 8 Gange saa stor (Luflmodstanden bliver nemlig paa det nærmeste 4 Gange saa stor og skal tillige overvindes gen-



270. »La France.«

nem den dobbelte Vej i samme Tid). Man forstnar, at denne Sammenhæng mellem Hastighed og Maskinkraft er overmaade ugunstig for Løsningen af det Problem at gøre et Luftskib til et af Vindforholdene nogenlunde uafhængigt Rejsemiddel.

Ikke blot »La France«'s Hastighed, men ogsaa den Vejlængde, den i det hele kunde tilbagelægge, var for ringe for praktiske Formaal, i den sidstnævnte Henseende er imidlertid den elektriske Drivkraft, som maa hentes fra tunge Akkumulatorer (eller galvaniske Elementer) særlig uheldig for en Ballon, hvor det først og fremmest gælder om at gøre alt saa let som muligt; hvert Kilograms Vægtforøgelse kræver en Rumforøgelse af henved en Kubikmeter af Ballonen, selv om denne fyldes med Brint, som det i Reglen sker ved Balloner med Drivkraft.

Det er først i den allersidste Tid, at man ved styrbare Luftskibe har naaet Resultater, der staar synderligt over, hvad Renard og Krebs opnaaede for 20 Aar siden, skønt der er gjort adskillige Forsøg derpaa. I Slutningen af forrige Aarhundrede lod Østrigeren Grev v. Zeppelin i en flydende Ballonhal paa Bodensøen bygge en

Kæmpeballon af Form som en meget langstrakt Cylinder, der var afstivet ved et Aluminiumsskelet; til dette var der forneden fæstet et langt Aluminiumsgalleri, der bar Gondoler, to Benzinmotorer hver paa 16 H. K. m. m. Cylinderen rummede over 11000 Kubik meler og havde saaledes en lignende Størrelse som anselige — om end ikke de allerstørste — Oceandampere; men medens disse normalt optager mange hundrede Mennesker og om fornødent kunde bære mange tusind, var Zeppelins Ballon kun bestemt for 5 Passagarer, og kunde vel meget højt regnet bære endnu en Snes Stykker, naar slet ingen Ballast medførtes; dette belyser paa en ret slaaende Maade fra en enkelt Side, hvor urimelig den Tanke er, at ballonbaarne Luftskibe skulde komme til at konkurrere med Skibe som almindelige Befordringsmidler. Ved Luftfarter i 1900 visle det sig, at Luftskibet kunde naa en lidt større Fart end »La France« (8 M. i Sekundet) og en enkelt Gang opholdt det sig 1 Time og 20 Minutter

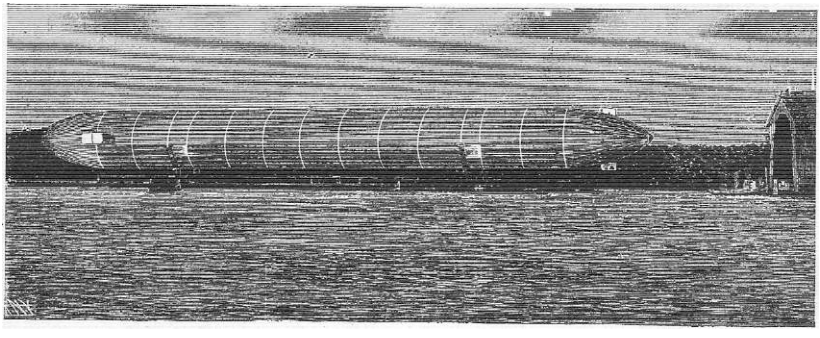


Fig 271. Zeppelins Luftskib ved Udgangen af Ballonhallen (Enden af denne ses til højre).

i Luften; men Ballonlegemet var for skrøbeligt og Maskineriet for indviklet, og dette Luftskib, til hvilket der var knyttet saa store Forventninger, og som havde kostet store Summer, naaede i hele sin korte Levetid kun at svæve i Luften i alt 2 Timer fordelt paa 3 Farter, af hvilke ingen forløb uden Uheld.

I det følgende Aar tiltrak en ung Brasilianer Santos Dumont (dymong) sig Verdens Opmærksomhed ved en Række snart heldige, snart uheldige Luftfarter, som han udførte i Paris med temmelig smaa Balloner, der netop kunde bære ham selv og en Motor. Var han strandet med sit Luftskib og kun med Nød og næppe sluppet levende derfra, satte han straks et nyt af bedre Konstruktion i Bygning; og med Luftskib Nr. 6 lykkedes det ham at vinde en Pris paa 100 000 Francs, der var udsat for den, der kunde sejle igennem Luften fra Luflskipperklubbens Have til Eiffeltaarnet, omkredse dette og vende tilbage til Landingsstedet (ialt 11—12 Km.) i Løbet af en halv Time. Men denne Luftfart, som udførtes i stille Vejr,

stod hverken med Hensyn til Længde eller Hastighed synderligt over, hvad »La France« havde præsteret, og da Dumonts Ballon var meget mindre og havde en meget stærkere Motor (Petroleumsmotor paa 16 H. K.) end »La France«, men alligevel ikke kom stort hurtigere frem, ser man, at Renard og Krebs havde forstaaet at udnytte Maskinkraften paa en langt gunstigere Maade. Som en uforfærdet, snarraadig, energisk og rig Sportsmands Bedrifter fortjener Dumonts Luftfarter at nævnes, og de har tillige forøget Interessen for Luftsejladsen, men det kan næppe siges, at de betegner et meget stort direkte Fremskridt paa det styrbare Luftskibs Omraade. Dette kan sikkert med adskilligt større Ret siges om den

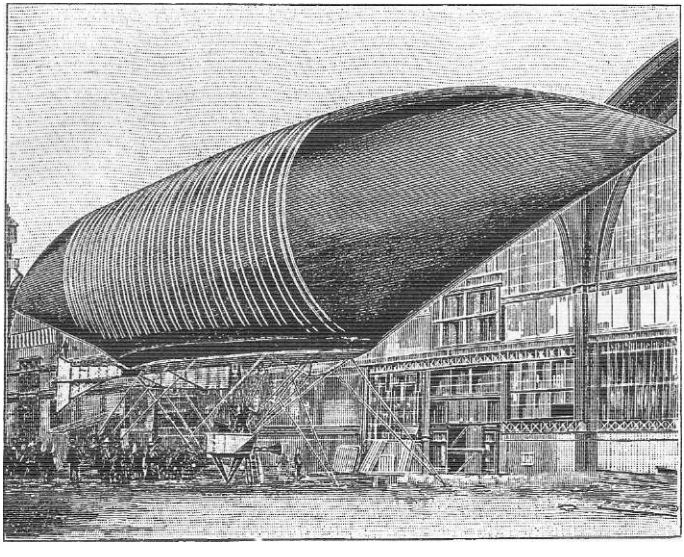


Fig. 272. Lebaudys Luftskib fortøjet paa Marsmarken.

Række Luftfarter, der i 1902—3 blev udført med et Luftskib bygget paa Brødrene Lebaudy's (løbaadi) Bekostning i Moisson, 50—60 Km. fra Paris.

Lebaudys Luftskib var omtrent 4 Gange saa stort som Dumonts og var beregnet paa at bære 2, højst 3 Mand, men med sine c. 2300 Kubikmeter var det dog en Dværg i Forhold til Zeppelins. Balloniegemet, der ikke var afstivet som i Zeppelins Luftskib, havde en ret ejendommelig Form og holdtes ligesom i »La France«, udspilet i denne Form trods Brinttab ved Fyldning af en Ballonet (S. 334). Under Ballonlegemet fandtes en stor plan Flade med Aluminiumsskelet; den skulde undei' Nedstigning virke som en Faldskærm og sinke Faldet. Under denne fandtes Gondolen med en 40 Hestekrafts Petroleumsmotor, der drejede to Luftskruer, au-

bragt paa hver sin Side af Gondolen; ved to Ror, der fandtes længere bag ude, styredes Skibets vandrette og lodrette Bevægelser.

Den 24de Juni 1903 foretog Luftskibet en Rundfart, ved hvilken det tilbagelagde næsten 100 Km. og hertil brugte $2^3/_4$ Time; dette giver en Gennemsnitshastighed af omtrent 10 Meter i Sekundet eller 36 Km. (omtrent 5 Mil) i Timen. En anden Gang gik det med en Fart af henved 5 Meter i Sekundet mod en Vind paa 7 M., hvilket altsaa skulde give en Egenhastighed af henimod 12 M. Men selv om de sidstnævnte Angivelser er for usikre til, at man tør stole paa dem, staar Luftfarten den 24. Juni og til Dels andre Luftfarter m. H. t. Længde, Varighed og Hastighed langt over, hvad noget tidligere styrbart Luftskib har naaet; af ligesaa stor eller maaske endnu større Betydning er dets store Overlegenhed m. H. t. Levetid, samlede Rejsetal m. m. Fra Efteraaret 1902 til Efteraaret 1903 har Ballonen været holdt fyldt ialt 186 Dage i 3 Perioder paa 56, 60 70 Dage; Skibet har i denne Tid udført 29 Luftrejser og er næsten hver Gang vendt tilbage til Ballonhallen; kun et Par Gange forhindredes dette ved mindre Uheld; Opstigningerne har fundet Sted i al Slags Vejr, i Solskin og Regn, Taage og Frost, i Vindstille og ved Vindhastigheder af indtil 10 M. i Sekundet, hvad man vilde kalde en ret stiv Kuling. -— Efter at Ballonhylstret var efterset og delvis fornyet, gik Luftskibet den 12. November 1903 fra Ballonhallen ved Moisson trods en frisk Sidevind til Paris og landede paa Marsmarken; efter 8 Dages Forløb forlod Luftskibet atter Paris for at aflægge et Besøg i Meudon. det berømte »La France«s Hjemstavn; men ved Nedstigningen her førte den temmelig stærke Vind Ballonen mod et Træ, som sønderrev Hylstret, og dermed afsluttedes Forsøgene.

Styrbare Luftskibe af ligesaa stor Holdbarhed og Manøvredygtighed som Lebaudys vilde vistnok kunne finde praktisk Anvendelse under Krig eller andre særlige Forhold. Det er endvidere tænkeligt, at der kan naas praktiske Resultater ad en anden Vej, som Grev de la Vaulx har i Sinde at slaa ind paa; han vil bygge Langfartsballoner forsynede med Fremdriftsmidler, der vel ikke er tilstrækkelige til at føre dem mod Vinden, men dog ved virkelige Frifarter — ligesom Hervés Afdriftsanker ved Farter nær Vandfladen — kan give dem nogen Afdrift, saa at de i mange Tilfælde derved kan undgaa at blive ført ud over Havet eller andre farlige Steder (fjendtlige Lejre f. Eks.).

Ved alle ballonbaarne Luftskibe vil imidlertid Størstedelen af Maskinkraften medgaa til at føre det store Ballonlegeme gennem Luften, og mange mener derfor, at man vil kunne opnaa større Resultater ved ballonløse Flyvemaskiner, som skal føres baade opad og fremad ved Maskinkraften. Det er jo den Vej, Naturen har vist os ved Fuglene, der er mangfoldige Gange tungere end Luften, men dog ved deres Muskelkraft svinger sig til Vejrs og gaar mod Vinden.

Ved at beiragte Fuglene faar man det Indtryk, at deres Flugt kun kræver en meget ringe Arbejdskraft. Dette er jo nok for en Del en Skuffelse, hidrørende fra, at vi uvilkaarlig undervurderer den Muskelkraft, som findes i deres smaa Legemer; men desuden har de ved Arv og Øvelse erhvervet en vidunderlig Behændighed, der gør det muligt for dem paa den mest praktiske Maade at udnytte deres Muskelkraft og rimeligvis tillige Vindstød, Forskel i Vindhastigheder paa forskellige Steder m. m. En vis Del af Fuglenes Flugten nemlig en Slags Svæven, som vi kan kalde Luftglidning, kan imidlertid selv i rolig Luft (eller i fuldstændig ensartet Vind) foregaa uden Muskelkraftens Hjælp, og den er i de sidste Aartier blevet efterlignet af Lilienthal i Tyskland, Chanute og Wright i Amerika o. fl.

Naar et fladt Legeme, f. Eks. en stor Fugl med udspilede Vinger, indtager en tilnærmelsesvis vandret, men dog noget skraa Stilling i Luften, vil der under dets Dalen opstaa et større Lufttryk paa dets Underside end paa Oversiden, og dette Tryk vil paa Grund af den skraa Stilling ikke blot modvirke Faldet, men ogsaa føre Legemet i vandret Retning (med Oversiden forrest). Da nu Luftens Modstand mod den lodret nedadgaaende Bevægelse, som vilde blive omtrent vinkelret paa det flade Legeme, er meget større end mod den vandrette Bevægelse, der vil foregaa omtrent i Fladens Retning, kan Resultatet blive, at Legemet faar meget større Fart i vandret Retning end nedad og altsaa glider ned gennem Luften som ad en Skraaplan med temmelig ringe Skraaning.

Ved Hjælp af et Apparat med store Sejldugsvinger og en Styrehale (Fig. 273) kunde Lilienthal nu udføre en Luftglidning som ovenfor beskrevet, idet han som Udgangspunkt benyttede Toppen af en temmelig jævnt skraanende Bakke, der laa paa et ellers fladt Terræn. Ved at løbe et Stykke hen ad Bakkekammen fik han saa meget Lufttryk under Vingerne, at det løftede ham op fra Jorden, og han kunde da svæve et langt Stykke — undertiden en halv Kilometer — gennem Luften, og naar det blæste, kunde Vinden undertiden hæve ham en .halv Snes Meter eller mere over Udgangspunktet.

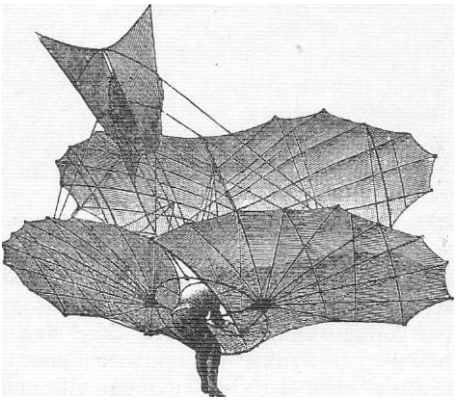


Fig. 273. Lilienthals Luftglider under Flugten.

I Begyndelsen havde han svært ved at holde Ligevægten, men ved at prøve sig forsigtigt frem naaede han efterhaanden en betydelig Færdighed og kunde ved Roret styre Bevægelsen noget baade i lodret

og vandret Retning og derved i alt Fald gøre Begyndelsen til en Efterligning af Fuglenes Kredsflugt. I Aarene 1891—96 skal han have udført over 2000 Luftfarter med sin »Luftglider«, men tilsidsl blev han for dristig og uforsigtig, og den 10. August 1896 styrtede han ned fra en betydelig Højde og slog sig ihjæl.

Senere har Chanute genoptaget Forsøgene først med Luftglid.ere, hvis glidende Flader var indbuede eller konkave paa de nedadven dende Sider ligesom Lilienthals; da Fuglevingerne er saaledes indrettede, er det formodentlig i og for sig den fuldkomneste Form, men Chanute kom til den Erkendelse, at man hellere maatte gøre de nedadvendende Sider udbuede eller konvekse; for Mennesket, der ikke har Fuglens naturlige Behændighed, er det nemlig nok saa vigtigt at faa gode Ligevægtsforhold, og dette opnaaes bedst, naar Bærefladerne er konvekse nedad; enhver kan let overbevise sig om, at et bøjet Kort er mindre tilbøjeligt til at vende sig i Luften, naar man lader den konvekse Side vende nedad under Faldet, end naar den konkave vender nedad. Endvidere fandt Chanute, at det var en Fordel, at Legemet indtog en liggende Stilling under Flugten. Væsentlig paa Grundlag af Chanutes Erfaringer har Wilbur Wright samt hans Broder Orville saa konstrueret Luftglidere af den i Fig. 274 viste Form. Paa det afbildede Apparat er Glidefladernes Længde (»Vingefanget«) henimod 10 M., deres Bredde over et vandret, foran anbragt Ror styres Bevægelsen i lodret Retning, og ved en rigtig Benyttelse af det kan Luftskipperen naa Jorden næsten uden Hastighed; bagude findes et lodret Ror. Wright skal med sit Apparat have udført Luftglidninger, ved hvilke han kom 10 M. frem for hver Meter, han sank; det angives, at delle Resultat skal staa paa Højde med, hvad Gribben opnaar.

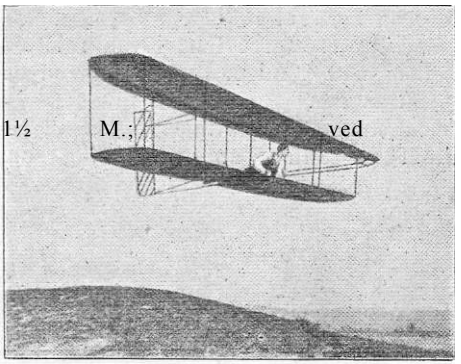


Fig. 274. Wrights Luftglider under Flugten.

Ved Luflgliderne løses ikke den vanskeligste Del af Flyveproblemet; de synker og opnaaer derved at kunne bruge selve Tyngdekraften som Drivkraft; men vil man stige, maa man overvinde Tyngdekraften ved Hjælp af en anden Drivkraft. De ældre Forsøg paa at faa et Menneske til at hæve sig ved Hjælp af Vinger eller andre Apparater bevægede ved hans egen Muskelkraft er altid strandede, og Nutidens Opfindere af Flyvemaskiner vil næsten alle hente Drivkraften fra en Motor. Spørgsmaalet bliver saa, hvorledes

Drivkaften skal overføres fra den til Luften. •— Der er hovedsagelig 3 Veje at gaa. Man kunde lade Motoren bringe store Flader til at udføre »Vingeslag«. Man kunde lade den dreje Luftskruer, af hvilke nogle havde lodret Akse og under Omdrejningen drev Apparatet til Vejrs, medens andre med vandret Akse drev det fremad. Og endelig kunde man bygge Flyvemaskiner med store, skraatstillede Flader og ved Luftskruer eller andre Midler drive hele Apparatet frem i vandret Retning med saa stor Fart, at Lufttrykket under Fladerne (»Aeroplanerne«) blev stort nok til at løfte det hele, som en Drage løftes, naar man løber med den. Flyvemaskiner af denne Art kan passende kaldes Drageflyvere; til denne Gruppe hører de fleste nyere Flyvemaskiner.

At Drageflyverne kan løfte sig i Vejret, selv om de har en meget betydelig Vægt, er for adskillige Aar tilbage blevet bevist af Amerikaneren Maksim (S. 170). Han byggede en Drageflyver, der med Aeroplaner, Dampmaskine. Luftskruer, Brændsel og Besætning vejede flere tusind Kilogram. Den kørte paa Hjul ben ad Skinner, drevet frem •ved Luftskruerne, og under de foreløbige Forsøg hindrede et Sæt nedadvendte Skinner, anbragt over Hjulene, den i at stige; da den havde faaet stærk Fart paa, blev dens Stigkraft imidlertid saa stor, at den sønderbrød de øverste Skinner og løftede sig i Vejret; men Maskinen blev samtidig ødelagt. Senere har en anden Amerikaner Langley anstillet flere mer eller mindre vellykkede Forsøg med Modeller til Flyvemaskiner, der ogsaa nærmest maa regnes til Drageflyvertypen; de var for smaa til at bære et Menneske, men var forsynede med en lille Motor, og de kunde ved den stige til Vejrs og flyve 1 Km. eller mere gennem Luften; men da Langley i Oktober 1903 lod en større Maskine med en Mand i vove Forsøget, mislykkedes det helt.

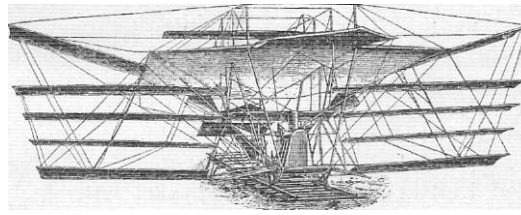


Fig. 275. Maksims Flyvemaskine.

Naar den praktiske Udførelse af disse og andre vel gennemtænkte Forsøg er faldet saa uheldigt ud, ligger det til Dels i, at Flyvemaskinerne med deres store lette Bæreflader og lette Maskinkonstruktioner bliver meget skrøbelige Apparater, der kan komme i Ulave ved en ringe Foranledning. Mange Uheld skyldes imidlertid da.arlige Ligevægstforhold, og paa dette Punkt er der store Vanskeligheder at overvinde; selv om Apparatet kan holde sig i Ligevægt i rolig Luft eller en regelmæssig Vind, er det ikke sikkert, at man kan manøvrere det hurtigt og behændigt nok til, at det ogsaa holder Ligevægten overfor Vindstød. Det gælder her som ved Cyklen,

at jo hurtigere Bevægelsen er, des sikrere er Ligevægten; ved Opstigningen maa Maskinen desuden have en ret betydelig Fart for overhovedet at kunne overvinde Tyngdekraften, og man kan jo — f. Eks. saaledes som Maksim forsøgte det — yderligere holde den nede, indtil Farten er blevet endnu større; men det er aabenbart et meget dristigt Foretagende at styrte sig ud i Lufthavet med en Flyvemaskine i stærk Fart, hvis man ikke er sikker paa, at den kan holde Ligevægten, naar man under Nedstigningen vil sagtne Farten. Inden man indlader sig paa et saa voveligt Forsøg maatte man helst ad mindre farlige Veje øve og prøve sin egen og Maskinens Flyvedygtighed; i Virkeligheden frembyder baade Dragerne og Luftgliderne Muligheder for en forsigtig Forberedelse til den egentlige fri Flugt med Flyvemaskiner.

Ved først at lade det Apparat, man vil bruge som Flyvemaskine, eller et ganske lignende Apparat gaa op som Drage, vil man kunne faa i det mindste nogen Erfaring om dets Stabilitet over for Vindstød m. m. Telefonens Opfinder Graham 3ell har netop som en Forberedelse til fri Flugt konstrueret kæmpemæssige Drager med stor Bærekraft, idet han sammensatte talrige Smaadrager af helt anden Form end de S. 330 omtalte Drager til et stift Hele, hvis nederste Del dannedes af lette Sejldugsbaade. Naar en saadan Kæmpedrage, der hvilede paa Vandfladen, blev drevet frem ved en Motor med Luftskruer, vilde Lufttrykket lette den og, hvis Motoren var stærk nok, løfte den helt op af Vandet; en Mand, der befandt sig i Dragen, kunde da ved at regulere Motoren og dreje et Styresejl foretage Manøvrer langs Vandfladen, udføre korte Hop hen over den o. s. v., indtil han fik Øvelse nok til at vove større Frifarter. Endnu foreligger der dog kun Beretning om Forsøg, hvor en Kæmpedrage blev sat til Vejrs, idet den blev trukket hen over Vandfladen af en Damper, indtil den fik Fart nok til at hæve sig.

Derimod har Wright allerede benyttet sine Erfaringer fra Luftglidningen til Konstruktion af en Flyvemaskine. Han forsynede en Luftglider med over 12 Meters Vingefang med en Motor paa 12 H. K.| den kunde da føre ham et temmelig langt Stykke gennem Luften. En Gang fløj "lian et Minut mod en Vind, hvis Styrke angives til 10 M. i Sekundet, og da han naaede over en kvart Kilometer frem, blev den hele Bevægelse i Forhold til Luften altsaa over 3 kvart Kilometer. Men det fremgaar ikke klart af Beretningerne, om Maskinen virkelig har løftet ham, eller om den blot har hjulpet ham til at forlænge Luftglidningen fra en Bakketop nedad.

En anden Amerikaner Gustave Whitehead har fløjet en kort Strækning hen over fladt Terræn i ringe Afstand fra Jorden med en motordreven Maskine af noget lignende Konstruktion som Wrights; men Aeroplanerne havde konkav Underside, og efter Beskrivelsen af Forsøgene synes det da ogsaa at have været vanskeligt at holde Apparatet i Ligevægt.

Det maa i hvert Fald siges at være meget smaat, hvad man hidtil

har opnaaet med Flyvemaskiner; men Arbejdet paa denne Sag synes at være ved at komme ind i et bedre Spor, hvor sindigt fremskridende Forsøg træder i Stedet for fantastiske Projekter.

XIV. BREVPOST OG TELEGRAF.

Brevpost. — Optisk Telegrafi. — Den elektriske Telegrafis Opfindelse og Udbredelse. — Tryk- og Billedtelegrafi, Flerfolds- og Hurtig telegrafi — Elektrisk Telegrafering uden Traad.

I det persiske Rige befordredes Kongernes Breve Aarhundreder før vor Tidsregning fra Hovedstaden til de fjærneste Landsdele med en Hurtighed, som først Nutidens Banetog har giort det muligt at overskride. Langs Hovedvejene fandtes Stationer, hvor en Brevdrager altid var rede til at bestige en opsadlet Hest og ride videre, saa hurtigt Hesten kunde bære ham, med de Breve, som bragtes ham ved det ridende Bud fra den foregaaende Station; paa denne Maade kunde Brevene befordres 400 Kilometer eller over 50 Mil i Døgnet. Ogsaa i Romerriget befordredes Administrationens Skrivelser hurtigt og sikkert. Men hvad vi nu forstaar ved »Postvæsenet«, nemlig en Institution, som staar i Almenhedens Tjeneste og for bestemt Betaling befordrer enhver Privatmands Breve til deres Bestemmelsessted, er først opstaaet i nyere Tid, om end smaa Begyndelser i denne Retning kan paavises i Oldtid og Middelalder.

I Middelalderen gjorde omrejsende Munke eller Handelsfolk ofte Tjeneste som Brevdragere; ved de store Universiteter i Paris og andetsteds, hvortil Studerende strømmede sammen fra forskellige Lande, blev der imidlertid ansat særlige Brevdragere, som skulde lette Forbindelsen mellem de Unge og deres Hjemstavn; ogsaa mellem de store Handelsstæder indrettedes der mer eller mindre regelmæssig Budtjeneste. I det 16. og 17. Aarhundrede begyndte Regeringerne i flere Lande at sørge for en Organisation af et mere omfattende Postvæsen. Det danske Postvæsen blev grundlagt af Kristian IV (1624); han lod i København og mange Provinsbyer indrette Brevsamlingssteder, hvor Folk kunde indlevere og hente deres Breve, og han indførte regelmæssig Postgang paa flere Ruter, af hvilke den vigtigste var København-Hamborg.

Postvæsenet kom efterhaanden til at omfatte baade Person-, Gods- og Brevbefordring, men Breve blev dog ofte befordret særskilt; paa mindre vigtige Ruter, hvor der endnu ikke var indført Postvogn, anvendtes gaaende Bud, og paa Hovedruterne befordredes Brevene undertiden af Postryttere og senere ved smaa lette Vogne, der kunde komme hurtigere frem end de tungt belæssede Person- og Pakke-

postvogne. Fig. 276 viser en gammel dansk Brevvogn, der paa Grund af Brevbeholderens Form i Almindelighed betegnedes som Kugleposten.

Naturligvis var det alligevel en efter vore Forestillinger langsom Brevbefordring, som fandt Sted før Jærnbanernes Tid; men mere hæmmende for det skriftlige Samkvem mellem Slægt og Venner tfar dog den høje Brevporto, hvis Størrelse voksede med Afstanden. Endnu i 1840 kostede det over 40 Øre at sende et Brev fra det nordlige Jylland til København, og saa maatte man endda betale 6 Øre ekstra for at faa det bragt ud til Adressaten, om han boede i den indre By, og det dobbelte eller tredobbelte, om han boede i Forstæderne. Den høje Udbæringsporto bevirkede, at mange foretrak selv at lade deres Breve afhente paa Posthuset, og dette var i det mindste nogle Aartier tidligere den almindelige Regel; hver Dag efter Brevpostens Ankomst til København blev der paa Posthuset til Underretning for Byens Folk opslaaet en Liste over de ankomne Breve; enhver kunde saa se efter der eller forespørge paa Posthuset, naar han ventede Brev.

Fig. 276. Kugleposten.

For Breve til Udlandet løb Portoen let op til en Krone eller to, og naar Bre\et skulde passere flere Lande under Vejs kunde man i Beglen ikke frankere det for den hele Strækning; man maatte altsaa bebyrde Adressaten med en Del af Udgifterne, hvad der i mange Forhold kunde være en stor Ubehagelighed. I saa vidt Omfang som muligt søgte man derfor at afvente og benytte sig af den gunstige Lejlighed, naar nogen rejste til det fremmede Land og var villig til at medtage Breve.

Grunden til en fuldstændig Revolution af Postforholdene blev lagt, da Rowland Hill i England 1839 fik vedtaget, at der skulde indføres en ensartet Porto af 1 Penny (7 Øre) for et Brev mellem to Poststationer indenfor Landets Grænser, hvor langt de end laa fra hinanden. Forslaget herom betegnedes ved dets Fremkomst af den daværende Generalpostmester Lord Lichfield som »det forrykteste af alle de vilde og taabelige Systemer, som jeg hidtil har hørt om«; men Parlamentet var dog af on anden Mening. Samtidig med Indførelsen af ensartet Porto bestemtes det, at Brevene skulde frankeres ved Frimærker. Denne praktiske Foranstaltning havde man tidligere søgt at indføre andetsteds (i Italien), men først i England blev Frimærkefrankeringen virkelig gennemført, fordi man her tillige vedtog, at ufrankerede Breve skulde betale dobbelt Porto.

Rowland Hills Reformer indførtes efterhaanden i Evropas andre

Lande. I 1850 vedtoges Indførelsen af en 8-Øres Brevporto i Danmark. I det ny Aarhundrede er Portoen her blevet forhøjet til 10 Øre; derimod har man i England udvidet Pennyportoen til at omfatte hele det engelske Verdensrige for derigennem at knytte Kolonierne tættere til Moderlandet. Man kan altsaa nu billigere sende et Brev fra England til Ny-Zeeland paa den anden Side af Jordkloden end fra et Sted i Danmark til et andet; der er imidlertid ogsaa andre Ting, som maa tages med i Betragtning; navnlig maa det fremhæves, at der i Danmark er gjort meget for Brevuddelingen fra Postkontorerne til de enkelte Hjem ude paa Landet.

I Tresserne foreslog den danske Postmester Jørgen Michaelsen og senere den lyske Generalpostdirektør Stephan Indførelsen af en ensartet Brevporto gældende for det internationale Samkvem mellem alle civiliserede Lande. Paa en Postkongres, som samledes i Bern 1873 lykkedes det Stephan at gennemføre sit Forslag. Der blev dannet en Verdenspostforening, af hvilken nu næsten alle civiliserede Stater er Medlemmer, og indenfor dens Omraade skulde Breve af indtil 15 Grams Vægt befordres for en bestemt Pris, der for Breve fra Danmark er sat til 20 Øre, for andre Lande til et lignende Beløb, afrundet i Landets Mønt.

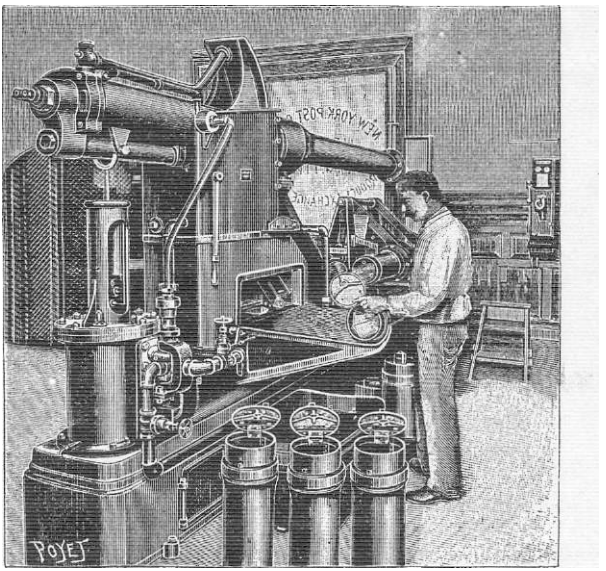


Fig. 277. Rørpoststation i New York.

Den ensartede billige Porto har bragt Brevudvekslingen indenfor og imellem Landene til at antage et mægtigt Omfang. Af indenlandske Breve, samt Breve til og fra Udlandet befordrer det danske Postvæsen nu aarlig over 100 Millioner. Danskerne er imidlertid ogsaa et meget brevskrivendc Folkefærd; de overgaas i denne Henseende vistnok kun af Englænderne.

Til Befordring af Brevposten anvendes alle Vegne de hurtigste Banetog og Dampere. I Amerika lader man mange Steder Ekspres togene endogsaa besørge Post til og fra Stationer, ved hvilke de ikke

standser; under Forbifarten udkastes en Postsæk fra Toget, medens samtidig en anden Sæk, der er ophængt ved Stationen, gribes af Toget ved en Fangindretning. I flere store Byer befordres Brevposten mellem forskellige Distrikter ved Lufttryk gennem lange Bør med stor Fart, som det er omtalt S. 78. I den nyeste Tid er der begyndt at dukke Planer op om ogsaa paa længere Strækninger mellem større Byer at indrette en særlig Ilbefordring af Breve, idet man vilde benytte et lignende Princip som ved den elektriske Hængebane i Elberfeld-Barmen (S. 319). Hængende i en eller maaske to lette Skinner eller stærke Traade skulde smaa i begge Ender tilspidsede Brevbeholdere drives gennem Luften af Elektromotorer med en Fart af 3—400 Kilometer i Timen. Dersom Beholderne tillige fulgte efter hinanden med faa Minutters Mellemrum, vilde en saadan Ilpost selv ved ret anselige Afstande i Hurtighed kunne konkurrere med Telegrafen; ved denne farer ganske vist det enkelte Tegn gennem Ledningen med Lynets Fart, men hvert Ord kræver sin Tid, og efter Telegraferingen kommer Afskrivningen. De bærende Skinner eller Traade kunde anbringes paa høje Master langs Banelinjer eller maaske ved almindelige Landeveje, saa at der ikke krævedes ny Baneanlæg med kostbare Grunderhvervelser o. s. v. For at hindre Sammenstød mellem Brevbeholderne, maatte man indrette et avtomatisk virkende Bloksystem (se S. 303) og sørge for avtomatisk Bremsning inde ved Stationerne.

Planen om en elektrisk Ilpost ser meget tiltalende ud, og der vilde næppe være uovervindelige tekniske Hindringer for dens Udførelse, omend man ikke paa Forhaand tør stole paa, at Farten vilde blive slet saa høj som angivet. Maaske kan Tanken ogsaa blive virkeliggjort enkelte Steder, men i Almindelighed vil man dog nok blive staaende ved den hidtidige Ordning, hvor Breve befordres med de hurtigste Personbefordringsmidler, og den, der vil have endnu større Hurtighed, benytter Telegrafering (Fjærnskrivning), altsaa ikke sender Brevet selv, men kun dets Indhold af Sted. I New York har det forøvrigt været alvorligt paa Tale at anvende Elektriciteten til Postbefordring i underjordiske Rørledninger i Stedet for Lufttrykbefordringen, der har vist sig at være meget kostbar.

Telegrafering anvendtes allerede i Oldtiden navnlig til Overførelse af vigtige Efterretninger i Krigstid; blot brugte man ikke elektriske Strømme, men Lysstraalerne som Budsendere. Den simpleste Form for optisk Telegraf (Lystelegraf) var Anvendelsen af Signalbaal, hvis Antændelse havde en bestemt forud vedtagen Betydning. Naar der paa en Række høje Punkter saaledes beliggende, at man kunde se fra det ene til det andet, var ophobet brændbare Stoffer rede til Antændelse, kunde man paa kort Tid forplante Meddelelsen om en vigtig Krigsbegivenhed lange Strækninger. I Følge gamle Sagn skal Meddelelsen om Trojas Fald paa denne Maade i Løbet af faa Timer være sendt fra Lilleasien til Giækenland over det ørige ægæiske Hav. Ogsaa i Norden benyttedes Signalbaalene

— Bavnerne — i ældre Tid. »Bavnen lyste, og Budstikken løb fra Grande til nærmeste Grande«, hedder det i Sinclair-Visen i Ord, der maler Efterretningsvæsenet i Norge i gamle Dage. Naar Bavnerne tændtes, vidste alle, at der var Ufred i Landet, og Budstikken, en Pil eller spaltet Pind, som sendtes saa hurtigt som muligt fra Nabo til Nabo, var den egentlige Indkaldelsesordre.

Romerne og maaske før dem Grækerne og Kartagenienserne havde imidlertid udviklet et helt System for optisk Telegrafi. Om Dagen kunde de ved Flag og om Natten ved Fakler betegne de enkelte Bogstaver og saaledes signalisere en hvilken som helst Meddelelse. Sammen med Romerrigets øvrige Kulturfrembringelser forfaldt ogsaa den optiske Telegrafi, og først i Slutningen af det 18. Aarhundrede begyndte man atter at anvende den systematisk i større Omfang. Efter Forslag og Planer af Brødrene Chappe i Frankrig oprettedes der i 1794 en Telegrafforbindelse mellem Paris og Lille (225Km.). Paa denne Strækning byggedes 22 Signaltaarne, paa hvis Top der var anbragt en Mast med leddede Arme, som ved Snortræk nede fra Taarnet kunde stilles i mange forskellige Stillinger svarende til de forskellige Bogstaver og Taltegn. Idet Armstillingerne saa hurtigt som muligt gentoges paa den følgende Station, kunde hvert enkelt Tegn naa fra Paris til Lille paa 2 Minutter, i alt Fald da Telegrafisterne havde faaet nogen Øvelse. Baade i Frankrig og andre Lande indrettedes

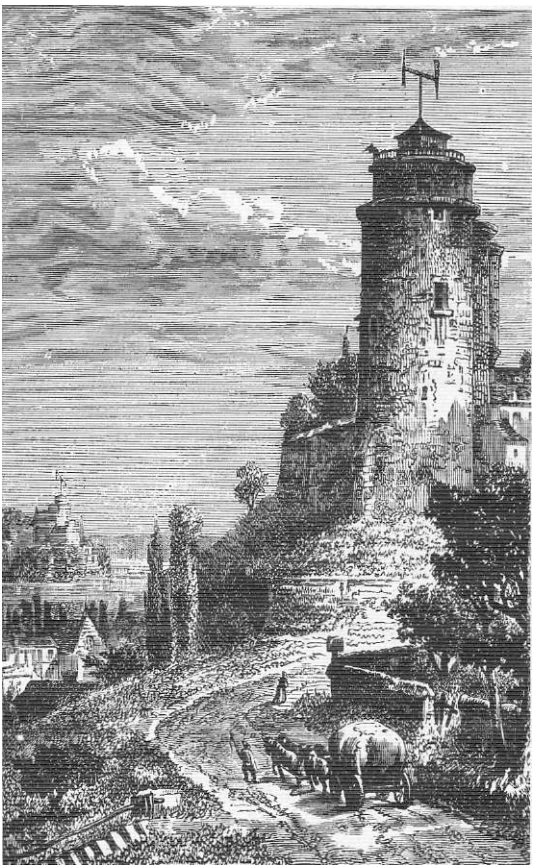


Fig. 278. To Signaltaarne til optisk Telegrafering.

rier snart tiere Telegrafforbindelser efter Cliappes System. I Danmark indførtes den optiske Telegraf 1802; blandt andet blev Sjælland og Fyn sat i telegrafisk Forbindelse med hinanden ved Signalstationer paa de to Kyster og en Mellemstation paa Sprogø.

Chappes optiske Telegraf havde den store Fejl, at den ikke kunde bruges om Natten og i taaget Vejr heller ikke om Dagen, og den har derfor maattet vige Pladsen for den elektriske Telegraf. Dog anvendes optisk Telegrafering stadig under mange Forhold. Herhen kan vi jo regne Banesignalerne, men langt fuldstændigere er den optiske Telegrafi udviklet til Søs. Her benyttes ved den internationale Signalisering, som indførtes i Tresserne, 18 forskellige Signalflag. Idet 4 af dem hejses samtidig, kan der gives henved 80,000 forskellige Signaler. I en stor Haandbog, hvor hvert af Flagene er betegnet med en bestemt Konsonant, findes nu angivet Betydningen af de forskellige Flagkombinationer. De mange tusind Spørgsmaal og Svar, som i Signalbogen er angivet ved bestemte Flagkombinationer, omfatter næsten alt, hvad en Sømand kan have paa Hjærte, og da Skibet naturligvis medfører en Signalbog i sit eget Sprog, kan Sømanden uden Sprogkundskaber ved Opslag i Bogen forstaa Signaliseringen fra et helt fremmed Skib. Man kan dog ogsaa lade visse Flagkombinationer betegne de enkelte Bogstaver og saaledes uafhængigt af Signalbogen telegrafere en hvilkensomhelst Meddelelse i et bestemt Sprog; men der er kun sjælden Anledning til at ty til denne langsomme Bogstavtelegrafering.

En anden Slags optisk Telegrafi er Spejl- eller Blinktelegrafien, som ofte anvendes under Krigsforhold. Englænderne har under deres Krige i Indien og Afrika ofte tilvejebragt telegrafisk Forbindelse mellem to Afdelinger ved Hjælp af et Spejl, der kastede et Bundt Solstraaler fra den ene Afdeling hen imod den anden (Heliografi); en Skærm, der holdes op foran Spejlet, vil standse Straalerne, og ved hurtigt at trække Skærmen bort og føre den tilbage igen kan man frembringe et Blink. Af korte og lange Blink (eller korte og lange Formørkelser) kan man nu sammensætte forskellige Tegn, og er det forud vedtaget, hvilke Bogstaver disse Tegn betyder, bliver det muligt paa denne Maade at give en hvilkensomhelst Meddelelse paa lange Afstande. Til denne Telegrafering kræves der ikke indviklede Apparater, og et Barberspejl skal undertiden have gjort det muligt for afskaarne Smaaafdelinger at sende vigtige Meddelelser til Hovedstyrken. I vore Dage telegraferer man ofte om Natten ved lignende Lyssignaler, sammensatte af enkelte Blink, idet man anvender Lyset fra en stærk Lysgiver, i Reglen elektrisk Lys.

Da Øjet imidlertid ikke har saa let ved at aflæse kort- og langvarige Blink, som ved at aflæse Tegn, der er udbredt i Rum, har la Cour i Firserne konstrueret et Apparat, som udsender Lys med saadanne Farvestraaler, at naar Signalerne iagttages i Afstand gennem en særlig konstrueret Kikkert (med et farvespredende Prisme), breder dp sig ud til Tegn, der er sammensat af Prikker og Streger

(Morsetegn) og har samme Størrelse, hvor stor Afstand man end befinder sig i. Telegraferingen kan foregaa ligesaa hurtigt som almindelig elektrisk Telegrafering; men som enhver anden optisk Telegrafi er »Spektrotelegrafien«, som la Cour kalder sit System, begrænset til at virke, saa langt Lyset kan gaa.

I Middelalderen var der mange, der fremkom med fantastiske Planer om Telegrafering paa meget lange Afstande. Da Karl V af Tyskland og Franz 1 af Frankrig kæmpede om Milano, blev det f. Eks. foreslaaet, at man skulde sende Meddelelser fra Milano til Paris, idet man det første Sted ved »et pythagoræisk Spejl beskrevet med Bønnesaft« kastede Skrifttræk op paa Maaneskiven, som jo kunde iagttages i Paris. At denne Plan var uudførlig, har vel nok været indlysende for de fleste; derimod syslede mange begavede Mænd — blandt andre della Porta (S. 237) — med Tanken om Telegrafering med Magnetnaale. Man mente, at to Kompasnaale, der var gjort magnetiske ved samme Magnetsten, eller paa anden Maade bragt i »Sympati« med hinanden, vilde mærke hinandens Bevægelser i lang Afstand; drejedes den ene hen over en Skive med Bogstaver langs Banden, vilde den anden glide over og standse ved de samme Bogstaver, saa at man paa denne Maade kunde korrespondere ved Magnetnaale. Denne Tro, som navnlig i det 17. Aarhundrede var overordentlig udbredt, var blot en Fantasi. Men hos adskillige nøgterne Mænd, som prøvede Sagen og fandt, at man ikke kunde telegrafere paa denne Maade, holdt der sig dog et Haab om, at de gaadefulde Naturkræfter, som styrede Magnetnaalens Bevægelser, en Gang skulde komme saaledes ind under Menneskets Kundskab og Herredømme, at den magnetiske Telegrafi kunde virkeliggøres.

Et mere reelt Skridt frem imod en af Lysstraalerne uafhængig Telegrafi blev gjort i det 18. Aarhundrede, da man opdagede, at Elektricitet, som frembragtes ved Gnidning i Elektrisermaskiner, kunde føres milevidt gennem Metaltraade og i saa store Afstande frembringe Gnister, tiltiække Hyldemarvskugler m. m. 1774 konstruerede Lesage i Genf virkelig en saadan Telegraf, og 24 Aar senere blev der i Spanien anlagt en elektrisk Telegraflinje, der skulde tjene praktiske Formaal; men Gnidningselektriciteten egnede sig kun daarlig til dette Brug. 9 Aar efter at Volta i 1800 ved Opfindelsen af det galvaniske Batteri havde tilvejebragt en mere stadig Elektricitetskilde, foreslog den bajerske Læge Sommering, at man skulde benytte den elektriske Strøms kemiske Virkninger i Telegrafien. I Sommerings elektrokemiske Telegraf anvendtes der ligesom ved de tidligere elektriske Telegrafer mange Ledningstraade — 1 for hvert Bogstav og Taltegn — mellem de to Stationer. Paa Modtagerstationen var alle Traadenderne ført op i et Glaskar med Vand, og naar man paa Afsenderstationen forbandt Enderne af to Ledningstraade med Polerne af et galvanisk Batteri, vilde der gaa en elektrisk Strøm gennem Ledningerne og Vandet i Glaskarret; ved de to

Traadender i Vandet vilde der da udvikles Ilt og Brint (se S. 38), og ved denne Luftudvikling var da de lil de lo Traade svarende Bogslaver signaliserede til Modtagerslationen. Alle Ledningstraadene førtes mellem Stationerne samlede i et Kabel, men var indbyrdes isolerede.

Napoleon, hvem Sommerings Plan blev forelagt, kaldte den spottende »en germansk Idé«, hvormed han vilde sige, at den hørte

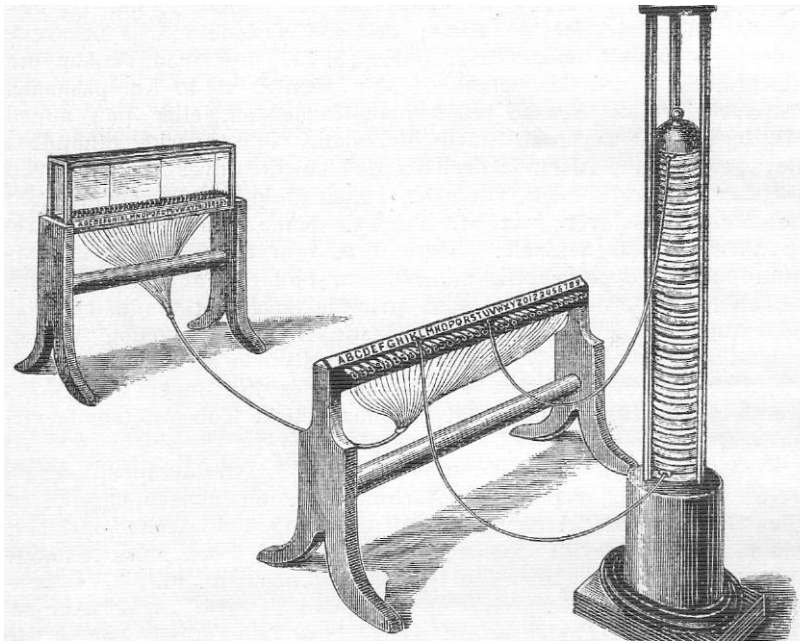


Fig. 279. Sommerings elektrokemiske Telegraf.

mere hjemme i Studerekammeret end i det praktiske Liv. Idéen egnede sig i Virkeligheden ikke til Udførelse i stor Stil. Først Ørsteds Opdagelse af den elektriske Strøms Virkning paa en Magnetnaal banede Vej for Strømmens Anvendelse til Telegrafering.

Ganske kort efter Ørsteds Opdagelse foreslog Ampere en elektromagnetisk Telegraf, men en saadan blev dog først udført efter en nogenlunde stor Maalestok 13 Aar senere (1833) af de to tyske Naturforskere Gauss og Weber i Gottingen. De indrettede en Telegraflinje mellem det astronomiske og magnetiske Observatorium,

der laa omtrent en Kilometer fra hinanden. Naar man paa den ene Station sluttede en Strøm gennem Ledningen, bragte denne paa den anden Station en Magnetnaal til at slaa ud fra sin Ligevægtsstilling; idet Ledningstraaden ikke blot var ført hen over Naalen, men i mange Vindinger omkring den, kunde selv en meget svag Strøm fremkalde et Udslag. Gauss og Weber brugte ikke en Ledningstraad for hvert Bogstav, men nøjedes med to Traade, den ene til Fremledning, den anden til Tilbageledning for Strømmen; ved at forandre Strømmens Retning kunde de faa Naalen til at slaa ud til den ene eller den anden Side, som de ønskede det, og Tegnene for de forskellige Bogstaver blev da sammensat af flere eller færre Udslag til højre eller til venstre. Denne Fremgangsmaade havde den russiske Statsraad Schilling von Canstatt allerede tidligere foreslaaet. Professor Steinheil i Miinchen, der paa Opfordring af Gauss og Weber eksperimenterede med den elektromagnetiske Telegraf og forbedrede den betydelig, gjorde den vigtige Opdagelse, at man kunde nøjes med en enkelt Ledningstraad (se S. 48); han benyttede nemlig ved en af sine Telegraflinjer Jærnbaneskinner som Tilbageledning og lagde Mærke til, at en Dag, da Skinnerne var opbrudt paa en længere Strækning, kunde Telegrafen alligevel gøre Tjeneste.

I England bragte Wheatstone 1837 den elektromagnetiske Telegraf i praktisk Tjeneste. Han frembragte ligesom Gauss og Weber Signalerne ved en Magnetnaals Udslag til højre og til venstre. Det er imidlertid ikke Naaletelegrafen, men en anden Slags Telegraf, opfundet af Amerikaneren Morse, som har vundet Indgang de fleste Steder.

Samuel Morse var ligesom sin Landsmand Fulton Kunstmaler og kom ogsaa som denne under Ophold i England ind paa fysisk-tekniske Studier. Det var Elektromagnetismen og dens Anvendelser, der optog Morses Tanker, og da han i 1832 rejste tilbage til Amerika, fik han under Overrejsen Ideen til en elektrisk Skrivetelegraf. I de følgende Aar udformede han nærmere Ideen til sit Skriveapparat, der skulde sættes i Virksomhed ved en Elektromagnet; men først 1844 oprettedes mellem Washington og Baltimore den første Morsetelegraflinje, som brugtes i Praksis. Ogsaa Steinheil havde forøvrigt ladet den elektriske Strøm opskrive Telegrammerne, men det er Morses Telegraf, der betegner det egentlige Gennembrud for den elektromagnetiske Telegrafi.

Morses første Apparater var meget tunge og klodsede; paa den før nævnte Telegraflinje brugtes Elektromagneter, der vejede over 75 Kg.; senere er Apparaterne blevet mindre og lettere, men Princippet er forblevet det samme. Fig. 280 er en skematisk Fremstilling af Morses Telegraf, som den nu bygges. A_t er i Øjeblikket Afsenderstation, *A* Modtagerstation. Fra den positive Pol af det galvaniske Element B_{1t} hvis anden Pol er afledet til en Jordplade P_x, gaar en Ledning op til en Metalknap a_t. Ned paa denne trykkes med Haanden den saakaldte »Nøgle«, en Vægtstang, der naar den

er overladt til sig selv, af en Fjeder holdes i den Stilling, som er vist ved *N* paa Station *A*. Strømmen gaar nu fra a_x over Nøglen til Telegraftraaden, og gennem dem til Station A's Nøgle, der staar i Modtagerstilling; over Metalknappen n gaar Elektriciteten ind i Elektromagneten *E's* Vindinger og derfra til Jordpladen *P*. Strømmen gør Jærnet i *E* magnetisk, et lille Anker med Vægtstang tiltrækkes, Vægtstangens anden Arm, som bærer Skrivestiften *d,* hæves, og *d* trykkes derved mod en Papirstrimmel, som af et Urværk bevæges over en Skive, Hvis Nøglen paa Afsenderstationen kun et Øjeblik holdes ned mod vil Skrivestiften ligeledes kun et Øjeblik berøre Papiret og paa dette skrive en Prik. Holdes Nøglen lidt længere mod a_v vil ogsaa *d's* Berøring med Papiret vare længere, og der skrives da en Streg, *n* kan ligefrem være en Spids, som

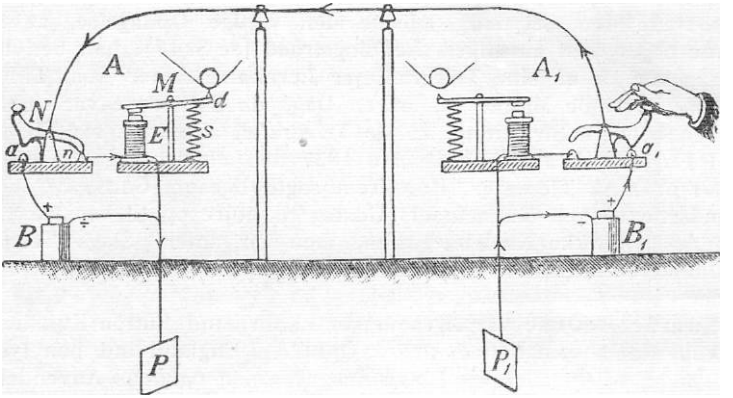


Fig. 280. Morses Telegraf.

ridser Mærker i Papiret, men man kan ogsaa lade Vægtstangen trykke et lille Hjul, hvis Rand holdes forsynet med Farve, op mod Papirstrimmelen, saa at der sættes Farvemærker paa denne. Naar ingen af Nøglerne er nedtrykket, er begge de galvaniske Batterier ude af Virksomhed, saa at der ikke tæres paa dem, men enhver af Stationerne er rede til at modtage et Telegram.

Tegnene for de forskellige Bogstaver, Taltegn m. m. dannes nu af Streger og Prikker ligesom af Udslag til højre og venstre ved Naaletegrafen. I Telegrafalfabetet, som er internationalt, betegnes Bogstaverne paa følgende Maade:

a • —, b — • • •, c — • —, d — • •, e •, f • • — •, g — — •,
h • • • •, i • •, j • — — —, k — • —, l • — • •, m — —, n — •,
o — — —, p • — — •, q — — • —, r • — •, s • • •, t —, u • • —,

Dette Telegrafalfabet kan naturligvis ogsaa gøre Tjeneste ved anden Slags Telegrafering, f. Eks. ved Spejltelegrafi, idet man lader lange og korte Blink svare til henholdsvis Streg og Prik.

Ved Morseskriveapparatet kan enhver nogenlunde øvet Telegrafist af Vægtstangens Klapren høre sig til, hvad der bliver telegraferet. Mange Steder navnlig i Amerika har man endogsaa erstattet Skriveapparatet med højt klaprende Apparater, efter hvis Diktat Telegrafisten umiddelbart nedskriver Telegrammet.

I Stedet for at lade den Strøm, der kommer gennem Telegrafledningen (Linjestrømmen), direkte drive Morseapparatet, fører man den ofte gennem et saakaldet Relæ, d. v. s. et lille elektromagnetisk Apparat, hvor Linjestrømmen blot slutter en anden Strøm (Lokalstrømmen), som frembringes af et Batteri paa Stedet; denne Lokalstrøm sætter saa et Skriveapparat i Virksomhed. Linjestrømmen behøver da ikke at være nær saa stærk som, hvis den selv skulde opskrive Telegrammet.

Paa lange Telegraflinjer med mange Mellemstationer vilde det blive for kostbart at give hver Station saa kraftige Batterier, at den ved dem kunde korrespondere med de fjærneste Stationer. Dette kan undgaas ved Anvendelse af »Overdragerstationer«. Herved forstaas en Station, hvor den ankommende Strøm virker paa et Relæ, der saa atter fungerer som Nøgle, der fra et Batteri paa Overdragerstationen slutter en ny Strøm videre.

I den elektriske Telegrafs første Tid blev mange Landlinjer lagt underjordisk, idet man mente, at de saaledes var bedre beskyttede, men Erfaringen lærte snart, at de billigere overjordiske Ledninger kunde udføres ligesaa tilfredsstillende, ja endog var at foretrække i visse Henseender. Dog er man i den nyeste Tid enkelte Steder begyndt at vende tilbage til underjordiske Ledninger.

Langt større Vanskeligheder end Landlinjerne fik man at kæmpe med, naar man ogsaa vilde føre den elektriske Strøm gennem Vandet, og navnlig stødte det store Foretagende at forbinde den gamle og den nye Verden ved et Kabel under Atlanterhavet paa en saadan Række alvorlige Hindringer, at man i høj Grad maa beundre de Mænds Mod og Udholdenhed, som trods alle Skuffelser førte Sagen til Sejr.

Efter at der forud var lagt nogle mindre Undervandskabler, blandt andet mellem England og Frankrig, lykkedes det 1856 Amerikaneren Cyrus Field at faa dannet et Aktieselskab med det Formaal at tilvejebringe et Atlanterhavskabel. Allerede 1857 havde man et Kabel færdigt og kunde tage fat paa Udlægningen; men da man fra Valencia i Irland var naaet omtrent Fjerdedelen af den 2700 Km. lange Vej, brast Kablet. Det næste Aar gik man i Lag med at udlægge et nyt, stærkere Kabel, og denne Gang lykkedes det efter flere Uheld at fuldføre Udlægningen; den 18. Aug. 1858 kunde Cyrus Field sende det første Telegram fra Amerika til Evropa. Men Glæden over, hvad der var udrettet, varede kun kort;

det viste sig, at Ledningen blev daarligere og daarligere, og efter 3 Ugers Forløb maatte Telegraferingen helt ophøre; de mange Millioner, som Kabelet havde kostet, var altsaa sænket i Havet til ingen Nytte.

I Stedet for at opgive Sagen tog man den imidlertid op til fornyede grundige Overvejelser fra videnskabelig og teknisk Side, og f 1865 havde man tilvejebragt et nyt, overordentlig solidt Kabel, der havde kostet 12 Millioner Kroner. Fig. 281 viser et Stykke af dette Kabel set i nat. Størrelse fra Siden og fra Enden. Den egentlige Ledning dannedes af 7 sammensnoede Kobbertraade; uden om Kobberet laa 4 Lag Guttaperka, og dette var atter omgivet af et tykt Lag Hamp; det ydre Hylster dannedes af 10 af tjæret Hamp omgivne Staaltraade. Kablet blev indladet i Kæmpeskibet Great Eastern (S. 275), det eneste, der var stort nok til at rumme det, og i Juli 1865 begyndte Udlægningen fra Irlands Kyst. Udlægningen forløb til at begynde med uden Uheld, men efter et Par Dages Forløb kunde man ikke telegrafere gennem den udlagte Del af Kablet; ved

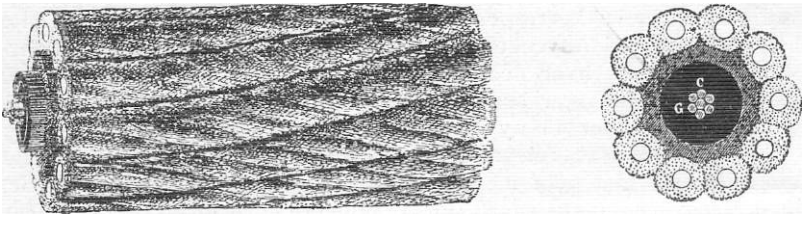


Fig 281. Atlanterhavskablet fra 1865

at hale det op igen fandt man, at der et Sted var slaaet en Jærnspids gennem det. Det samme gentog sig flere Gange og kunde kun forklares derved, at en af Skibets Besætning med Vilje beskadigede Kablet for at bringe Foretagendet til at strande; denne mystiske Sag er imidlertid aldrig blevet opklaret. Under et af Forsøgene paa at hale den beskadigede Del af Kablet op, brast dette, og da man ikke kunde faa Enden fisket op igen, maatte man vende tilbage med Resten af Kablet efter at have forankret en Bøje ved Stedet. Næste Aar førte Great Eastern et nyt Kabel ud, og hver af Besætningen maatte forud underskrive sin Dødsdom for det Tilfælde, at han blev opdaget i at beskadige Kablet. Denne Gang lykkedes det endelig, og da man tillige fik det forrige Kabel fisket op, kunde der allerede i 1866 aabnes to Kabler for Korrespondancen mellem Amerika og Evropa.

Senere er der lagt mange andre Kabler under Atlanterhavet saa vel som under andre Have, og Jordkloden er nu helt omspændt af den elektriske Ledningstraad, idet denne er ført helt igennem baade den gamle og den nye Verden og under baade Atlanterhavet og Stillehavet. Den 4. Juli 1903 førtes det amerikanske Stillehavskabe]

i Land paa Filippinerne, og den elektriske Strøm førte et af Præsident Roosewelt afsendt Telegram rundt om Jorden i Minut. — Alle Undervandskablerne tilsammen kunde spænde omtrent en halv Snes Gango om Jorden ved Ækvator. Langt den største Kabellængde ejes af England; derefter følger De forenede Stater, Frankrig og Danmark (Det store nordiske Telegrafselskab). Med Hensyn til Antallet af Kabler kommer derimod Norge forud for alle andre Lande, hvad der finder sin Forklaring i de mange smalle Fjorde, Telegraflinjen langs Vestkysten maa passere.

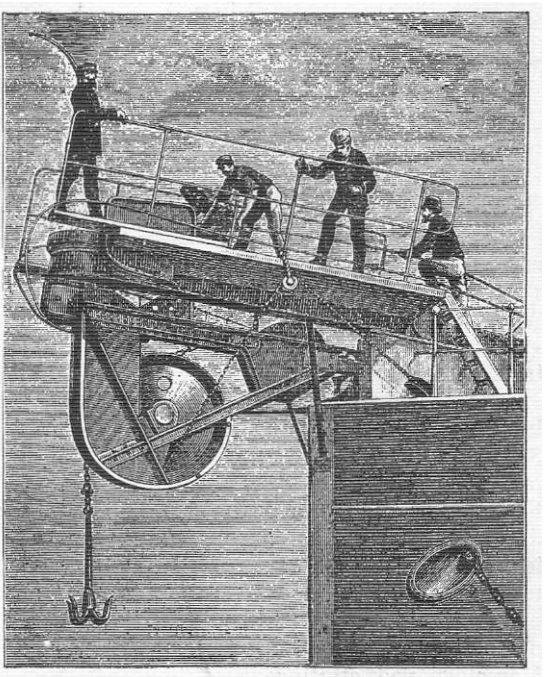


Fig. 282. Udlægningsrulle paa en Kabeldamper.

Ved Hjælp af stærke galvaniske Batterier er det i og for sig let nok at sende en elektrisk Strøm, der er stærk nok til at sætte en Elektromagnet i Virksomhed, gennem et Atlanterhavskabel; men fra det Øjeblik, da man slutter Strømmen i Evropa, gaar der ikke saa kort Tid, inden den har naaet^sin fulde Styrke ogsaa ovre i Amerika. Naar man sender Elektricitet ind i den ene Ende af et Undervandskabel, vil den første Del af Elektriciteten saa at sige hefte sig imod Kobbertraadens Overflade; Elektriciteten søger nemlig ud mod Vandet, som omgiver Kablet og vilde danne en nærmere Afledning for den end Jordpladen ved Kablets anden Ende, hvis Elektriciteten kunde slippe gennem de isolerende Lag om Kobbertraaden. Det vil derfor tage nogen Tid, inden man har fyldt saa megen Elektricitet i Kablet, at der flyder ligesaa meget ud af den anden Ende, som der fyldes i den første. Hvis man nu under transatlantisk Telegrafering ved hvert Tegn skulde vente, til Strømmen hinsides Havet blev stærk nok til at bevæge et elektromagnetisk Relæ, og først derefter kunde begynde paa det næste Tegn, vilde det gaa urimelig langsomt med Telegraferingen. For at undgaa dette maa man benytte meget fintmærkende Apparater, der paavirkes

af det første svage Spor til begyndende Strøm eller Forandring i Strømstyrken. Man er derfor for lange Undervandslinjers Vedkommende vendt tilbage til Naaletelegrafen. For at kunne iagttage ganske smaa Bevægelser af Naalen, befæster man et lille Spejl paa den og sender Lys fra en Lampe mod dette Spejl saaledes, al de fra Spejlet tilbagekastede Lysstraaler danner en lille Lysplet paa et Stykke hvidt Papir; naar Naalen paavirkes af svage Strømme i den ene eller anden Retning, vil Lyspletten bevæge sig til højre eller til venstre svarende til Streg eller Prik i Morses Telegraf. Man kunde, om det skulde være, lade Lyspletten optegne Naalens Svingninger paa fotografisk Papir, ligesom det sker i det S. 244 omtalte magnetiske Observatorium. I Stedet for kan man imidlertid anvende den saakaldte »Siphon-Rekorder«, hvor Strømmen bringer et Rør med en fin Spids, af hvilken der udflyder Farve, til at svinge over en Papirpirstrimmel og paa tværs af den, saa at der tegnes en Bølgelinje paa den, naar den bevæges i sin Længderetning.

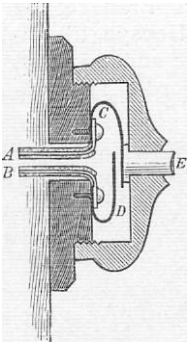


Fig. 283. Trykknap til en Ringeledning.

Den elektriske Telegraf tjener ikke alene som Bindeled mellem vidt adskilte Egne; den er ogsaa trængt ind i Hjemmene. De elektriske Ledninger med Ringeværk, som findes i Tusinder af Hjem, er nemlig en simpel Hustelegraf, ved hvilken Nøglen er erstattet af en Trykknap, Skriveapparatet af et Ringeværk; dette er jo væsentlig kun beregnet paa at give et højllydende Kaldesignal; men ofte bruges det dog til en noget fyldigere Signalgivning, idet man lader ét Tryk paa Knappen betegne én Ting, to Tryk noget andet o. s. v.; og man kunde for den Sags Skyld ogsaa, omend noget langsomt, telegrafere med Morsetegn ved et Ringeværk, idet Prik og Streg kunde betegnes ved henholdsvis kortvarige og langvarige Tryk paa Knappen.

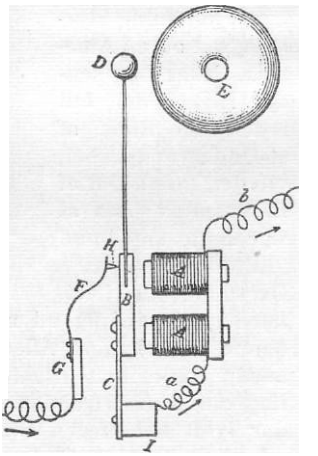


Fig. 284. Elektr. Ringeapparat.

Fig. 283 viser Trykknappen til en Ringeledning, set i Gennemsnit; ved Tryk paa Knappen *E* bringes de to Metalfjedre C og *D* i Berøring med hinanden, og derved opstaar der en ledende Forbindelse mellem Enderne *A* og *B* af Ledningstraaden. I det Øjeblik Ledningen saaledes sluttes, gaar der en Strøm igennem den fra et galvanisk Batteri til Ringeapparatet, som er vist i Fig. 284; her gaar Strømmen ad Vejen ***GF*** til en Metalspids ***H,*** fra denne gennem Jærnstykket (Ankeret) *B* og Fjederen C og videre over / og a til Elektromagneten

I A, efter at have gennemløbet dennes Vindinger føres Elektriciteten gennem Traaden *b* tilbage til Batteriet. Men derved bliver Elektromagnetens Jærnkærne magnetisk og tiltrækker *B,* Fjederen C bøjes, Berøringen mellem *B* og *H* afbrydes, og herved afbrydes Strømmen. Dette har til Følge, at Elektromagneten afmagnetiseres og slipper *B,* der altsaa gaar tilbage paa *H* og atter slutter Strømmen, hvorefter det samme Spil begynder paany. Saa længe man holder Ledningen sluttet ved Trykknappen, vil derfor Fjedren C med Ankeret B svinge hurtigt frem og tilbage og afvekslende slutte og afbryde Strømmen. Til *B* er fastgjort en Stang med en Kugle *D,* som under *B's* Sving ninger slaar paa Klokken *E.*

Ved Morsetelegraferingen spildes der Tid, fordi der i Reglen kræves to eller flere Tegn for hvert enkelt Bogstav, og Telegrammet bagefter skal omskrives i almindelig Skrift. Englænderen Hughes (jug) konstruerede derfor i 1855 en Tryktelegraf, som umiddelbart giver Telegrammet i Tvpetryk. Princippet i Hughes' Telegraf, som senere er forbedret meget, kan omtrent udtrykkes paa følgende Maade:

Paa hver af de to Stationer, mellem hvilke der skal telegraferes, tindes der et Bogstavklaviatur med Taster som paa en Skrivemaskine og endvidere et Hjul med fremspringende og udadvendende Typer langs Omkredsen. Paa hver Station drejes Typehjulet meget hurtigt rundt (et Par Gange i Sekundet) af et Urværk, og Urværkerne reguleres saaledes, at de to Hjul følges nøjagtigt ad og samtidig vender samme Bogstav nedad; Typerne holdes forsynede med Farve, og under hvert Hjul bevæger sig en Papirstrimmel, som ved en elektromagnetisk Mekanisme trykkes op mod Hjulet, saa snart der kommer en Strøm til Stationen gennem Telegraftraaden. Strømmene frembringes ved Nedtrykning af Tasterne; men en Mekanisme, som staar i Forbindelse med Typehjulet bevirker, at den Strømslutning, som skyldes Nedtrykning af en bestemt Tast, først kan finde Sted i det Øjeblik, da den tilsvarende Type paa Hjulet kommer til at vende nedad, selv 0111 Tasten er blevet nedtrykket lidt forud; da den samme Type i samme Øjeblik vender nedad henne paa den anden Station, trykkes her det til Tasten svarende Bogstav paa Papirstrimlen.

Hughes Tryktelegraf kan arbejde 2—3 Gange saa hurtigt som Morsetelegrafen; men den kræver meget tine og indviklede Mekanismer, og kun ved stadig Kontrol bliver det muligt at faa Typehjulene til at følges ad (bevæge sig »synkront«); desuden maa Telegrafisterne være meget øvede for at faa de rette Mellemrum mellem Bogstaver og Ord.

.Ved en helt anden Slags Tryktelegraf, der dog kun kan bruges paa korte Afstande, har de to Typehjul slet ikke hver sit selvstændige Urværk. Men hver Gang Typehjulet paa Afsenderstationen drejes et Bogstav frem, sendes der gennem Ledningen en Strøm, der ogsaa drejer Modtagerstationens Typehjul et Bogstav frem paa

lignende Maade, som Viseren i et elektrisk Biur (S. 211) føres en Minutstrækning frem ved hver Strømslutning. Da tillige Papirstrimlen kun føres en Bogstavplads frem for hver Trykning af et Bogstav, bliver denne Tryktelegraf netop meget simpel at betjene og kan bruges af enhver Privatmand.

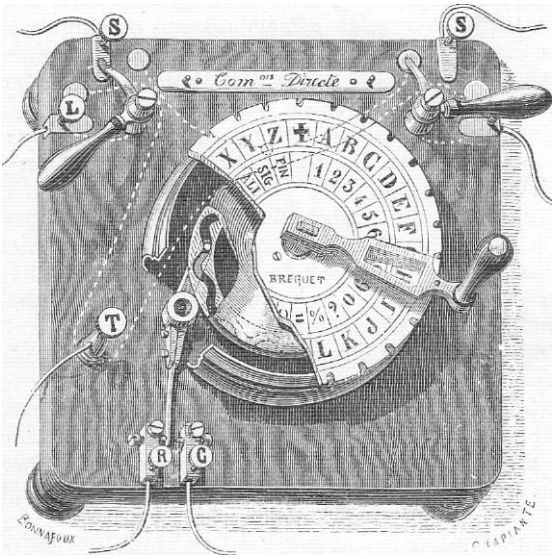


Fig. 285. Visertelegrafens Afsender.

I New York og andetsteds har den fundet Anvendelse som »Børstrykker«; det var netop Konstruktionen af en praktisk Børstrykker, der grundlagde Edisons Rv (se S. 168). Naar der paa Børsen er anbragt et Afsenderapparat, hvorfra der gaar Ledninger ud til Modtagerapparater hos i forskellige Firmaer, kan disse faa Kurser og andre vigtige Efterietninger trykt i deres Kontorer, saa snart de bliver bekendt paa Børsen. I Berlin gør Tryktelegrafer af denne Slags endogsaa Tjeneste paa lignende Maade som Telefonen, dog kun for en ringe Abonnentkreds. Hver Abonnent har baade en Afsender og en Modtager, og kan gennem en Centralstation sættes i Forbindelse med en anden Abonnent. Abonnenterne modtager desuden Cirkularmeddelelser (om Kurser o. lgn.) fra Centralstationen.

Som en Forgænger for disse Tryktelegrafer kan vi betragte den saakaldte »Visertelegraf«, hvis Afsender er vist i Fig. 285. Idet en Stang her ved et Haandtag føres hen over en Skive med Bogstaver, vil en Viser henne paa Modtageren glide hen over de samme Bogstaver paa en anden Skive; man staver nu ligefrem de Ord, man vil telegrafere, idet man under Omdrejningen af Stangen standser et Øjeblik ved de Bogstaver, som skal bruges; Viseren standser da ved de samme Bogstaver. Denne Visertelegraf, der saa at sige virkeliggør den gamle Drøm om en Sympatitelegraf, som omtaltes S. 353. havde inden Telefonens Indførelse ikke saa ringe Betydning, blandt andet som Brandtelegraf.

Man begyndte tidlig at grunde paa Midler til at overføre Billeder og Haandskrift gennem Telegral'traaden, og i 1854

konstruerede Italieneren Caselli et Apparat til dette Brug, den saakaldte Pantelegraf. I Stedet for den lidet praktiske Fremgangsmaade ved Pantelegrafen maa vi imidlertid hellere betragte Ordningen ved en nyere Billedtelegraf (»Elektrografen«), der hviler paa samme Princip.

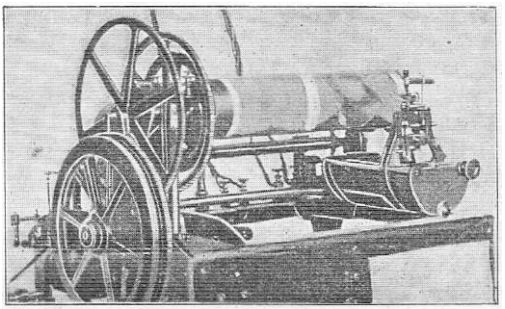


Fig. 286. Elektrografen.

Paa det Sted, hvorfra et Billede skal telegraferes, fremstilles der først efter den foreliggende Original en højætset Zinkplade af den Slags som bruges til Trykning i Bogtrykkerpresser (se S. 250). De fordybede Partier mellem de fremspringende metalliske Linjer, der svarer til Stregerne i Billedet, udfyldes med et elektricitetsisolerende Stof, saa at Overfladen bliver plan, og dernæst bøjes Zinkpladen om en Cylinder. Enden af en Metalstift rører her Zinkpladens Overflade, og idet Cylinderen drejes rundt, og Stiften samtidig forskydes langsomt i Cylinderens Længderetning, vil Stiften her ligesom i en Fonograf beskrive en Spirallinje om Cylinderen; naar Spiralens enkelte Vindinger ligger tæt nok ved hinanden, bliver paa denne Maade efterhaanden alle Punkter af Billedpladens Overflade berørt af Stiften. Hver Gang Stiften rører ved selve Zinken, sluttes gennem Stiften og Pladen en Strøm, der fra et Batteri sendes gennem Telegrafledningen; hver Gang Stiften rører ved det isolerende Stof mellem Zinklinjerne, afbrydes Strømmen.

Fig. 287. Billede af den myrdede Præsident Mc Kinley, telegraferet fra Washington til New York.

Henne paa Modtagerstationen er om en Cylinder lagt et Stykke Papir, der skal modtage Billedet, og en Skrivestift er anbragt saaledes, at

den vil blive trykket ind mod Cylinderen og afsætte Farve paa Papiret, hver Gang der kommer en Strøm til Stationen (altsaa hver Gang Afsenderstiften rører selve Zinken), medens den fjærnes lidt fra Papiret, hver Gang Strømmen afbrydes. Naar man nu sørger for, at Cylinder og Stift paa de to Stationer følges nøjagtigt i deres Bevægelser, vil der netop blive afsat Farve paa Papiret overalt, hvor der er fri Zinkoverflade paa det tilsvarende Sted af Billedpladen paa Afsenderstationen, og der opstaar derfor paa Papiret en Kopi af Billedet.

Man har i Amerika ved Elektrografen sendt Billeder gennem inere end 1000 Kilometer lange Ledninger; til Telegraferingen af et Billede medgaar der kun nogle faa Minutter. Nogen meget tin Billedgengivelse kan vist næppe opnaas, men derfor kan Fremgangsmaaden jo nok finde Anvendelse i Journalistikken og muligvis til Telegrafering af eftersøgte Forbryderes Portrætter. Det angives, at man skal kunne fremstille en Zinkplade til Brug i Elektrografen paa 3 Kvarter.

Enhver Biliedtelegraf kan naturligvis blandt andet overføre Billeder af Haandskrift. Men særlig til Overføring af Haandskrift og simple Tegninger er der i Amerika og Tyskland konstrueret Apparater af en helt anden Art end ovenfor omtalt. Ved disse Apparater der kaldes Telavtografer, skriver man ligefrem med en Pen eller Blyant paa et Stykke Papir; men til Blyantens Spids er der fastgjort to Snore, og ved de Træk af vekslende Styrke, som Blyantens Bevægelser op og ned, frem og tilbage, frembringer i Snorene, ændres Styrken af to Stømme, der gennem hver sin Ledningstraad ledes hen iil to Elektromagneter paa Mod.agerstationen. Elektromagneternes Træk i Jærnstykker, der ved Snore er forbundet med en Skrivestift, tvinger nu denne til at bevæge sig hen over et Stykke Papir paa ganske samme Maade som Blyanten paa Afsenderstationen. Telavtografer kræver altsaa to Ledninger og egner sig næppe til Brug paa lange Strækninger. De skal imidlertid kunne knyttes til Telefonledninger i Byer, hvor der bruges Dobbcltledninger, og derved blive et værdifuldt Supplement til Telefonen.

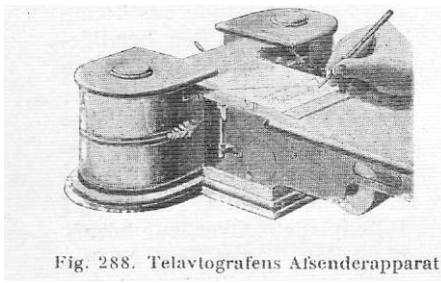


Fig. 288. Telavtografens Afsenderapparat

Man skulde ikke tro, at det var muligt samtidig at sende flere Telegrammer gennem samme Traad. Ikke desmindre lader en saadan »Flerfoldstelegrafi« sig udføre paa adskillige Maader. Samtidig Telegrafering i begge Retninger genném en Ledning har man endogsaa kunnet udføre under Atlanterhavet.

Den Fremgangsmaade, som tillader det største Antal samtidige

Telegrammer, er sikkert den saakaldte Stemmegaffeltelegrafi eller Fonotelegrafi, der er opfundet af la Cour i Halvfjerserne.

Naar en Stemmegaffel anslaas, kommer dens to Grene i Svingninger af en ganske bestemt Takt, der afhænger af Gaflens Tykkelse, Længde m. m. Herved sættes Luftdelene om Stemmegaflen i Svingninger, og Bevægelsen udbreder sig til alle Sider paa lignende Maade, som Bølger forplanter sig paa en Vandoverflade; og hvis Luftbølgerne (Lydbølgerne) naar vort Øre, frembringer de en bestemt Tone, hvis Højde er des større, jo flere Svingninger den paagældende Stemmegaffel udfører i Sekundet. Lad os antage, at vi anslaar en Gaffel der svinger f. Eks. 400 Gange i Sekundet (har »Svingningstallet« 400), og at der noget fra den staar to andre Gafler med Svingningstallene 400 og 470. Svingningerne fra den anslaaede Gaffel vil da sætte den ligestemte Gaffel i Medsvingninger, men ikke den, der har Svingningstallet 470. Staar der paa den ene Ende af et Bræt flere Stemmegafler, som alle anslaas paa samme Tid, vil deres Svingninger dels gennem Luften og dels gennem Brættet forplante sig til Brættets anden Ende, hvor vi antager, at der staar nogle andre Stemmegafler; af disse vil nu de, der er stemt for samme Svingningstal som en af de anslaaede, komme i Medsvingning, medens de andre bliver i Ro; af den brogede Mængde af forskellige Svingninger, der kommer gennem Luften og Træet, udsøger altsaa hver Gaffel dem, den kan bruge, hvis der er nogen af den Slags, men bryder sig ikke om de andre. Men paa samme Maade vil det gaa, naar Svingninger fra en Gruppe Stemmegafler sendes til en anden Gruppe, ikke mekanisk gennem Luft eller Træ, men elektrisk gennem en Telegraftraad. — Heraf kan man nu benytte sig paa følgende Maade:

Paa 12 Stationer beliggende langs en Telegrafledning opstilles et Afsender- og et Modtagerapparat med hver sin Gaffel. Gaflen paa Modtagerapparatet har en særlig Tone paa hver Station. Afsenderapparatet kan ved Skydelodder afstemmes til en hvilkensomhelst anden Stations Modtagertone. Alle Afsendergaflerne staar stadig og svinger ved Hjælp af et Lokalbatteri og Selvafb'rydning ligesom Hammeren i et Ringeapparat. Paa hver Station er der desuden en almindelig Morsenøgle. Naar den nedtrykkes, sendes der Strøm gennem den svingende Gaffel til Telegrafledningen, og denne bliver

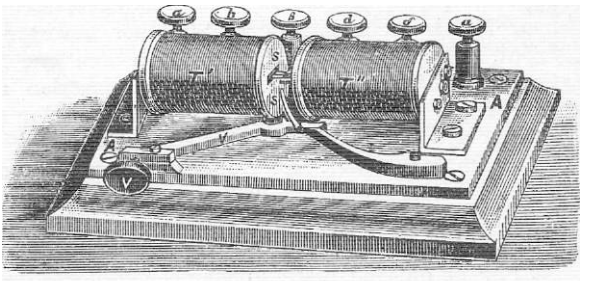


Fig. 289. Modtagerapparat ved la Cours Stemmegaffeltelegrafi.

altsaa, saa længe Nøglen holdes nedtrykt, gennemløbet af en Bølgestrøm af den Tone, hvori Afsendergallen er stemt. Er det længe, sendes der en lang Række Bølger, er det kort, en kort Række; og den Modtagergaffel, som stemmer dermed, vil saaledes sætles i Virksomhed i længere Tid eller i kortere Tid og derved sende Lokalstrømme ind i et almindeligt Morseapparat, som optegner Streger og Prikker, svarende til de længere eller kortere Bølgerækker.

Da dette System blev optaget af Amerikaneren Elisha Gray, førte la Cour det ikke videre over i Praksis, idet han i 1876 gik over til Tonehjulet, hvorom nedenfor; men i den nyeste Tid har Franskmanden Mercadier bragt Sagen frem paany og faael den prøvet med gunstigt Resultat baade i Frankrig og Tyskland i noget ændret Form. Han lader ikke Strømmen sætte Skriveapparater i Virksomhed, men nøjes med Afhøring af Telegrammerne. De ankommende Tonestrømme sætter ikke Stemmegafler, men for bestemte Toner afstemte Jærnplader i Svingning; Modtagerapparaterne med Elektromagneter og Jærnplader kalder han Monotelefoner, og ved at lytte til de længere og kortere Toner, som frembringes i en saadan Monotelefon ved Nøglens Tryk i det ligestemte Afsenderapparat, opfatter man Telegrammet. Han er naaet til at sende 12 Telegrammer i hver Retning paa en Gang gennem en Ledning af 800 Kilometers Længde (Paris-Bordeaux).

Imidlertid kan taktsatte Bølgestrømme ogsaa anvendes ved en anden Slags Flerfoldstelegrafi, hvor der egentlig ikke sendes flere Strømme samtidig gennem Traaden, men hvor Telegrafisterne saa at sige skiftes til at bruge Traaden, idet hver faar den overladt en lille Brøkdel af et Sekund ad Gangen. Dette kan opnaas ved en Metalarm, som drejes meget hurtigt rundt og herunder afvekslende sætter forskellige Telegrafisters Apparater i Forbindelse med Telegrafledningen; ved den anden Ende af denne findes der ligesaa mange Telegrafapparater, som paa samme Maade skiftevis forbindes med Ledningen; naar Metalarmene paa de to Stationer bevæger sig fuldstændig synkront, vil et bestemt Apparat paa den ene Station kun komme i Forbindelse med et bestemt Apparat paa den anden Station, aldrig med noget af de andre. Det vilde føre for vidt nærmere at beskrive, hvorledes man ved en saadan Ordning kan faa hvert enkelt Telegram fra et helt Sæt Apparater afsendt omtrent ligesaa hurtigt som et eneste Telegram ved almindelig Telegrafi; det skal her blot fremhæves, at Metoden kræver en overordentlig jævn Bevægelse og fuldstændig Synkronisme hos de to Metalarme.

For at opfylde disse Fordringer indførte la Cour Tonehjulet, hvis Indretning er vist i Fig. 290, Til venstre ses en Elektromagnet, gennem hvis Vindinger man sender en taktsat Bølgestrøm (Tonestrøm) fra en svingende Stemmegaffel. Jærnkærnens Spids, som altsaa afvekslende bliver magnetisk og umagnetisk, er rettet mod et Tandhjul af Jærn. Lad os tænke os, at en af Hjulets Tænder er lige ud for Jærnspidsen i det Øjeblik, den er stærkest magnetisk,

og at Hjulet drejes saa hurtigt rundt, at den næste Tand netop kommer lige ud for Spidsen, naar denne atter er stærkest magnetisk, o. s. fr.; Elektromagneten vil da hverken fremskynde eller hæmme Hjulets Bevægelse. Overlader vi det nu til sig selv, vil det, selv om det løber nok saa let, sinkes en Smule paa Grund af de uundgaaelige Modstande, saa at en Tand nu ikke naar at komme helt hen foran Jærnspidsen, naar den er stærkest magnetisk; men Spidsen vil da trække lidt fremad i Tanden, ligeledes lidt efter i den næste Tand o. s. v.; og hvis Modstanden mod Hjulets Bevægelse ikke er for stor, vil disse stadige Smaatræk være tilstrækkelige til at opretholde dets Omdrejningshastighed; det gaar ligesom før netop en Tand frem for hvert Strømstød i Elektromagnetens Vindinger, og Tænderne indtager en lidt anden Stilling i Forhold til Jærnkærnen, naar denne er stærkest magnetisk. Men ved en kraftig Elektromagnet kan Omdrejningsliastigheden opretholdes, selv om Hjulet maa udføre et ikke helt lille Arbejde.

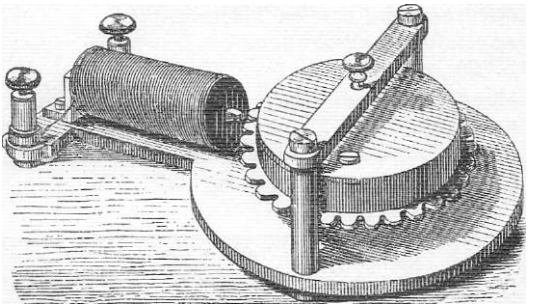


Fig. 290. La Cours Tonehjul.

Da Tonehjulets Omdrejningshastighed alene afhænger af Tonestrømmens Takt og Tændernes Antal, kan man holde to Tonehjul langt fra hinanden i fuldstændig ens Gang, naar de har samme Antal Tænder og faar Tonestrøm fra samme Stemmegaffel. Naar Tonehjulet anvendes ved Telegrafering, har man imidlertid paa hver af de to Stationer, hvor der skal vedligeholdes synkrone Bevægelser, saa vel et Tonehjul, der bevæger den foran omtalte Metalarm, som en Stemmegaffel, der bestemmer Hjulets Gang. De to Stemmegafler, der holdes i Svingning af Lokalbatterier, afstemmes til at begynde med saa nøje som muligt efter hinanden; men tillige sendes der en Gang for hver Omdrejning af Metalarmene en Strømimpuls (bestaaende af to kortvarige Strømme i hver sin Retning) fra den ene af Stationerne til den anden; og paa den sidstnævnte Station vil denne Strømimpuls virke saaledes regulerende paa Stemmegaflens Svingninger, at Tonehjulene bliver ved at følges ad.

Flerfoldstelegrafl ved Tonestrømme og Tonehjul er blevet udnyttet i Praksis af Amerikaneren Delany. Ogsaa i et sindrigt System for Hurtigtelegrafi, som Avstraleren Murray har udarbejdet for faa Aar siden, benyttes Tonehjulet eller i alt Fald en lignende Indretning til at tilvejebringe synkrone Bevægelser paa to Stationer.

Medens Flerfoldstelegrafien giver en bedre Udnyttelse af Telegraf-

ledningen, idet flere Telegrammer passerer samtidig gennem Traaden, opnaar man ved den egentlige Hurtigtelegrafi det samme Resultat derved, at Telegraferingen fra et enkelt Telegrafapparat foregaar med stor Hurtighed. For at opnaa en hurtigere Afsendelse af Morsetelegrammer, end én Telegrafist kan bestride, foreslog Wheatstone at anvende gennemhullede Papirstrimler, (smlgn. Jacquards Mønstervæv S. 90 og Sættemaskiner S. 228), der ved at føres gennem en Maskine (Transmitteren) bevirker en avtomatisk Afsendelse af Telegrammet Som Mærke for en Streg brugte Wheatstone som Mærke for en Prik :, saa at en Strimmel med Wheatstones Navn kommer til at se ud som vist i Fig. 291.

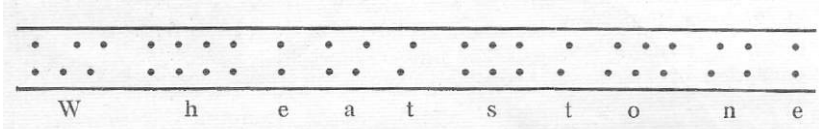


Fig. 291 Gennemhullet Papirstrimmel til Telegrafering.

En saadan gennemhullet Strimmel kan tilvejebringes i en Maskine med Bogstavklaviatur som en Skrivemaskine, idet et Tryk paa en Tast paa en Gang frembringer hele den Kombination af Huller, som svarer til det paagældende Bogstav. Da en Transmitter kan indrettes til at arbejde overordentlig hurtigt, og den kan forsynes med Strimler fra flere Punkteringsmaskiner, er det i og for sig let nok at faa afsendt mange tusind Ord i Sekundet. Men et Morseskriveapparat kan ikke modtage og opskrive Tegnene ret hurtigt, og vil man anvende hurtigt arbejdende Afsenderapparater, maa man altsaa ogsaa paa Modtagerstationen anbringe Apparater, der kan sættes i Virksomhed af hurtigt paa hinanden følgende, svage Strømimpulser. Danskeren Lauritzen ved »Det store nordiske Telegrafselskab« har i Halvfjerserne konstrueret et saadant Apparat, hvor Farve, der flyder ud af et Bør med fin Spids, tegner en Bølgelinje paa en Papirstrimmel ligesom i den S. 360 omtalte Siphon-Rekorder. Lauritzens Apparat (Undulatoren) kan optegne flere tusind Ord i Timen.

Langt større Hurtighed har Ungarerne Pollak og Virag opnaaet i den nyeste Tid. De brugte som »Penneskaft« ikke et Rør med Farve, men en Lysstraale, der bevægedes frem og tilbage af et lille Spejl ligesom ved den transatlantiske Telegrafi; Spejlet var dog ikke fæstet til en Magnetnaal, men derimod til en tynd Jærnplade, som var anbragt foran en Elektromagnet omtrent som den svingende Plade i en Telefon; Strømmene fra Telegrafledningen førtes gennem Elektromagnetens Vindinger og satte derved Pladen og altsaa ogsaa Spejlet og Lysstraalen i Svingninger. Et mere fintmærkende og let bevægeligt Skriveapparat kan næppe tænkes, Lysstraalen tegnede lignende Bølgelinjer som Lauritzens Sølvrør, men paa fotografisk Papir, der af et Urværk førtes gennem Vædsker til Fremkaldelse og Fiksering.

Ved at anvende to Telegraftraade og to Elektromagneter med svingende Plader har Pollak og Virag endvidere opnaaet at frembringe læselig Skrift. De to Jærnplader forbindes nemlig begge med Spejlet, men saaledes, at den enes Svingninger faar Lysstraalen til at svinge i vandret, den anden i lodret Retning. Idet nu den Papirstrimmel, som benyttes ved Telegrammets Afsendelse, gennemhulles paa en særlig Maade, sendes der under dens Gennemgang gennem Transmitteren Strømstød af skiftende Styrke og Retning gennem Telegraftraaden, og disse Strømstød styrer Lysstraalens Bevægelse, saa at den frembringer en Skrift som vist i Fig. 292; Bogstavformerne afviger vel noget fra det sædvanlige, men er dog let nok kendelige for enhver. Ved en snild Indretning opnaas det, at Skriften fremtræder som Linjeskrift paa et Papirark i Stedet for at udfylde en lang Strimmel.

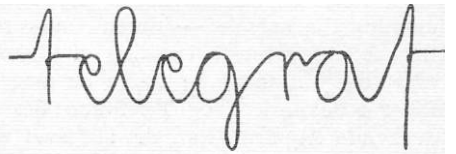


Fig. 292. Pollaks og Virags Telegrafskrift.

Gennem en Telefondobbeltledning af 400 Kilometers Længde har Pollak og Virag paa ovennævnte Maade telegraferet med en Fart svarende til over 50 000 Ord, d. v. s. adskilligt over 100 Sider i denne Bog, i Timen. De har altsaa tvunget en Lysstraale i Hundreder af Kilometers Afstand til at skrive med almenlæselig Skrift halvhundrede Gange hurtigere end Menneskehaanden. Dette betegner Højdepunktet af, hvad man endnu har naaet i Retning af »Fjærnskrivning«.

Desværre har denne beundringsværdige Hurtigtelegrafi ikke kunnet vinde Indgang i Praksis: en af Grundene dertil er, at det ikke er lykkedes at faa Tallene gengivet paa almenlæselig Maade.

For Tiden har to andre Systemer for Hurtigtelegrafi, Murrays og Siemens, større Udsigt til at finde praktisk Anvendelse, skønt de ikke naar nær saa vidt i Hurtighed og er langt mere indviklede.

Foruden disse egentlige Hurtigtelegrafer kan endnu som et nyt Telegrafsystem af stor Ydeevne, nævnes den amerikanske Fysiker Rowlands System, der ved en Forening af Flerfolds- og Tryktelegrafi, kan befordre henved 10 000 Ord i Timen i hver Retning gennem en Telegraftraad.

Der er saaledes i de senere Aar gjort mange Fremskridt med Hensyn til Telegraftraadens Udnyttelse. Men tillige er der fremkommet en helt ny Art af elektrisk Telegrafi, idet vi har lært at telegrafere uden Traad mellem Stationerne.

Faraday havde jo allerede i 1830 fundet, at man ved at slutte eller afbryde en Strøm i én Ledning kunde frembringe elektriske Virkninger (Induktionsstrømme) i en anden Ledning, der var helt adskilt fra den første ved Luft eller andre isolerende Stoffer (se S. 44); i det hele taget frembringer alle hurtige Forandringer i Strømmens Styrke eller Retning i én Ledning Induktionsstrømme i andre

Ledninger i Nærheden. I alle Apparater, hvor man vilde udnytte disse Induktionsvirkninger, søgte man imidlertid at anbringe de to Ledninger saa nær hinanden som muligt; thi da blev Virkningen stærkest. Men at der ogsaa kan opstaa Induktionsvirkninger mellem Ledninger, som ikke er helt tæt ved hinanden, fik man bl. a. ofte Lejlighed til at erfare paa en ubehagelig Maade, da Telefonen, begyndte at vinde Indgang. Naar to Telefonledninger følges ad en Milsvej eller mere, kan man undertiden i den ene høre, at der tales i den anden, selv om der er en bred Vej mellem dem; og det er netop, fordi de Strømsvingninger, Talen fremkalder i den ene, »inducerer« tilsvarende — omend svagere — Svingninger i den anden. Allerede i den første Ledning er Strømsvingningerne forøvrigt meget svage, og kun fordi de tillige er meget hurtige (Hundreder af Svingninger i Sekundet), og Telefonen desuden er et overordentlig fintmærkende Apparat, kan de alligevel mærkes i den anden. Jo hurtigere Strømforandringerne i en Ledning er, des længere bort kan nemlig deres inducerende Virkning paa andre Ledninger gøre sig gældende.

Ogsaa naar man telegraferer gennem en Ledning, kan Strømslutningerne og Afbrydningerne under Telegraferingen bevirke, at der i en paralleltløbende Ledning opstaar Induktionsvirkninger, som man kan opfatte ved Hjælp af en Telefon. Under visse Omstændigheder kan Afstanden mellem de to Ledninger være adskillige Kilometer; ved Darlington i England, hvor to Ledninger løber parallelt med hinanden 22 Km., men i en Afstand af 16 Km., fandt W. Preece, at han ved en Telefon i den ene Ledning kunde høre Morsetelegrammer, der sendtes gennem den anden. Paa Grundlag af denne Iagttagelse søgte Preece i Halvfemserne at oprette telegrafisk Forbindelse mellem Kysten og Øer, til hvilke man vanskeligt kunde føre noget Kabel gennem Havet. I enkelte Tilfælde, hvor Afstanden ikke var ret stor, og der paa Kyslen og ude paa Øen kunde anbringes temmelig lange, nogenlunde parallelt løbende Ledninger, lykkedes Forsøget. Men større Resultater er først opnaaet ved den saakaldte Gnisttelegrafi.

Naar en elektrisk Gnist springer over mellem to Ledere (Metaltraade, Melalkugler o. Ign.) med stor elektrisk Spændingsforskel, vil det i mange Tilfælde ske, at Elektriciteten saa at sige faar for stor Fart paa; der gaar mere Elektricitet over end nødvendigt til Udjævning af Spændingsforskellen, saa at den Leder, der før havde den laveste Spænding, nu faar den højeste; en Del af Elektriciteten farer da tilbage igen, men atter gaar der for meget over, saa at der heller ikke nu kommer Ligevægt. Paa den Maade kommer Elektriciteten til at svinge frem og tilbage i Gnistmellemrummet, men saa hurtigt, at vi kun opfatter det hele som en enkelt Gnist.

Under visse Omstændigheder kan de elektriske Svingninger i en Gnist blive mange tusinde Gange saa hurtige som Strømsvingningerne i en Telefontraad. Den tyske Fysiker Hertz frembragte i Firserne

saadanne Gnister med Millioner af Svingninger i Sekundet; og han viste, at der fra Gnisten udbredte sig »elektriske Bølger« til alle Sider i Rummet, paa lignende Maade som Lyset udbreder sig fra en Flamme, eller Lydbølgerne fra en svingende Stemmegaffel. Den sidste Sammenligning passer for saa vidt mindre godt, som Lyden breder sig fra Stemmegaflen, idet denne sætter Luften i Bølgebevægelse, medens det ved Lysets og de elektriske Bølgers Udbredelse ikke er Luften, men »Æteren«, der sættes i Bevægelse; Æteren er et yderst fint Stof, som man antager fylder det tomme Verdensrum mellem Himmellegemerne og tillige gennemtrænger Luften og alle Legemer.

Ligesom Lyset forplanter de elektriske Bølger, Hertz frembragte, sig i rette Linjer i Luften, men kastes tilbages eller brydes, naar de træffer Overfladen af et Legeme. Deres Forskel fra Lysbølgerne er i Virkeligheden kun en Gradsforskel af lignende Art som den, der finder Sted mellem lange og korte Bølger paa Vandets Overflade. De elektriske Bølger er Æterbølger af grovere Beskaffenhed (større Bølgelængde) end Lysbølgerne. Denne Forskel bevirker blandt andet, at de ikke er helt bundet til at følge rette Linjer, men kan bøje noget uden om Hjørner, og des mere, jo grovere de er; endvidere kan de gaa gennem mange Stoffer, som er uigennemsigtige for Lyset; de gaar saaledes gennem Væggene fra en Stue ind i en anden; derimod standses de af Metaller og andre elektricitetsledende Legemer, f. Eks. Vand og fugtige Jordlag.

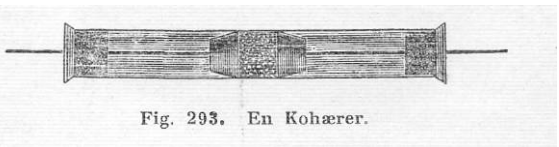


Fig. 293. En Kohærer.

I alle de Metallraade og andre Metalgenstande, de elektriske Bølger træffer paa deres Vej, vil de sætte Elektriciteten i svingende Bevægelse, og ligger to saadanne Metaldele tæt ved hinanden med et lille Mellemrum, kan der springe en Gnist over mellem dem. En synlig Gnist fremkommer dog kun, naar Metalgenstandene har passende Størrelsesforhold og ikke er ret langt fra den Gnist, hvorfra de elektriske Bølger udgik. Skulde disse kunne mærkes paa store Afstande, saa at de kunde anvendes til Telegrafi, maatte man finde bedre Midler til at paavise dem; da hverken vort Øje eller noget andet af vore Sanseredskaber kan opfatte dem, gjaldt det om at konstruere et kunstigt »elektrisk Øje eller Øre«, der var ligesaa fintmærkende for de elektriske Bølger, som vort Øje for Lysbølgerne eller vort Øre for Lydbølgerne.

Et saadant elektrisk Øje eller Øre er den saakaldte Kohærer, der er opfundet af Franskmanden Branly 1890. Kohæreren (Fig. 293) beslaar af et Glasrør, hvor der mellem to Metalklodser er anbragt noget Metalpulver. Da de enkelte Pulverkorn kun rører løst ved hinanden, vil Pulveret byde en overordentlig stor Modstand mod en elektrisk Strøms Gennemgang. Hvis man ved Ledningstraade forbinder

de to Metalklodser med Polerne af et galvanisk Batteri, vil der altsaa ikke kunne gaa nogen kendelig Strøm gennem Strømkredsen. Men dersom der kommer elektriske Bølger til Røret, bliver Pulveret pludselig ledende for Elektriciteten. Vi kan simplest forklare dette ved, at der paa alle Berøringspunkterne mellem de enkelte Pulverkorn springer forsvindende smaa Gnister over og saa at sige svejser. Kornene sammen paa disse Punkter. Resultatet er i hvert Fald, at der nu gaar en Strøm fra Batteriet gennem Ledningstraaden og Pulveret; denne Strøm kan f. Eks. bringe en Magnetnaal til at slaa ud, sætte et elektromagnetisk Skriveapparat eller Ringeværk i Virksomhed eller frembringe en Lyd i en Telefon, der er indskudt i Strømkredsen. Strømmen vedvarer, indtil man ved et lille Slag paa Røret ryster Pulveret; herved brydes den ledende Forbindelse, der var dannet mellem de enkelte Korn, og Strømmen kan nu ikke længer gaa igennem.

Fig. 294. Marconi.

Det var den unge italienske Ingeniør Guglielmo Marconi, der førte Anvendelsen af de elektriske Bølger og Kohæreren ud i det praktiske Liv og derved blev Skaberen af Gnisttelegrafien, »Ælhertelegrafien« eller »Hertzografien« for at nævne nogle af de Navne, hvormed man har betegnet Marconis traadiøse Telegrafi.

Fig. 295 viser den simpleste Ordning af Apparaterne paa to Marconiske Stationer, af hvilke den ene, A, kun er Afsenderstation, den anden, *M,* kun Modtagerstation. Ved Tryk paa Telegrafnøglen *N* sluttes en Strøm, der fra Batteriet *B-* ledes gennem et Induktionsapparat /; dette vil da paa en Maade, som her ikke skal beskrives, frembringe en Række Gnister mellem to Metalkugler ved *G.* Det er disse Gnister, der fremkalder de elektriske Bølger. I Marconis første Forsøg udgik disse ligefrem fra Gnistmellemrummet; men for at de kunde faa fri Vej, selv om der var Hindringer mellem de to Stationer, førte han senere fra en af Kuglerne en Metaltraad T_x op til en højt anbragt Plade, hvorfra Bølgerne saa skulde udsendes til en anden lignende Plade paa Modtagerstationen. Det viste sig dog snart, at Pladerne var overflødige; de elektriske Bølger udstraalede fra selve

Traaden 2\ og opfangedes af den tilsvarende Traad T_2 paa Modtagerstationen. Disse Traade, der kaldes Antennerne (Følehornene), spiller i det hele taget en stor Rolle ved Gnisttelegrafien; hvor langt man kan telegrafere afhænger i høj Grad af deres Højde. Marconi forbandt endvidere den anden Kugle med Jorden. Paa Modtagerstationen er Traaden T_2, der opfanger de ankommende elektriske Bølger, i Forbindelse med den ene Ende af en Kohærer *K,* hvis anden Ende er forbundet med Jorden. Kohæreren er tillige indskudt i en Strømkreds med et Batteri B_2 og et Morseskriveapparat *S,* hvis Anker bliver tiltrukket, naar de elektriske Bølger gør Kohæreren ledende. Et særligt Apparat, der er indrettet ganske som et elektrisk Ringeværk, slaar under Telegraferingen med en Hammer *H* paa Kohæreren, saa at den mister sin Ledningsevne, saa snart de elektriske Bølger ophører, idet Telegrafisten henne paa Afsender-

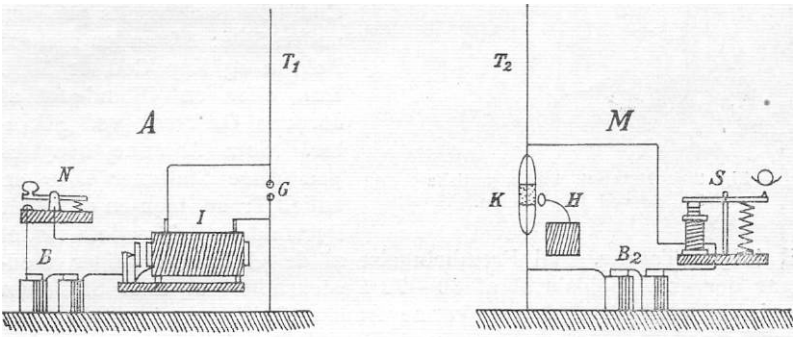


Fig. 295. To Stationer for Gnisttelegrafi.

stationen slipper Nøglen. — I Praksis er Gnisttelegrafstationernes Indretninger dog adskilligt mere indviklede end her angivet.

Allerede i 1897 vakte Marconis Forsøg stor Opsigt, skønt han endnu kun telegraferede over en Afstand af nogle faa Kilometer, og herefter blev hans Historie en Kæde af Triumfer og Sejre, der bragte hans Navn paa alle Læber og tillige for alle Tider sikrede det en fremragende Plads i Opfindelsernes Historie. De Afstande, over hvilke han kunde spænde, voksede bestandig, og hvad han i denne Henseende naaede, overgik de dristigste Forventninger.

Da de Hertzeske Bølger i Hovedsagen fulgte samme Love som Lysbølgerne, var der næppe mange, der ventede, at Telegrafi ved dem kunde foregaa uden Mellemled paa stort længere Afstande end dfcn optiske Telegrafi, der jo ogsaa var »traadløs«. Selv om dette nu havde vist sig rigtigt, kunde den elektriske Telegrafi alligevel have mange Fordele forud for den optiske, fremfor alt den, at de elektriske Bølger ikke standsedes af Taage. Men Marconis Forsøg viste snart, at to Stationer kunde korrespondere med hinanden, selv

om Antennerne langt fra var ført saa højt op, at de kunde »se hinanden«. Til en vis Grad finder delte vel sin Forklaring derved, at Marconi i sine senere Forsøg brugte elektriske Bølger, der var langt grovere end dem, Hertz eksperimenterede med, og derfor bedre egnede til at bøje udenom Hindringer; men hvor de to Stationer er adskilt ved en betydelig Del af Jordens Runding, er dette dog næppe tilstrækkeligt, og man har opstillet forskellige Teorier til Forklaring af Forholdet, der imidlertid endnu ikke er helt oplyst.

Hvorledes det nu end hænger sammen hermed, er det i hvert Fald lykkedes Marconi at telegrafere over Atlanterhavet mellem en Station ved Poldhu i England (Cornwall) paa den ene Side og to Stationer ved Kap Breton i Kanada og Kap Cod i Massachussetts paa den anden Side; Afstanden mellem Poldhu og Kap Cod er 5000 Km. eller en Ottendedel af Jordens Omkreds ved Ækvator. Som Antenne benyttes paa disse Stationer ikke en enkelt Traad, men en omvendt Pyramide af Traade, støttet til 4 høje Taarne. Til Frembringelse af de elektriske Bølger medgaar der en Arbejdskraft af 60—70 Hestekræfter, og naar Stationen er i Virksomhed, skal man kunne trække Gnister paa en halv Meters Længde fra Antennetraadene. Paa Modtagerstationen anvendes i Stedet for Kohæreren et af Englænderen Rutherford opfundet magnetisk Apparat, og Telegrammerne opskrives ikke, men opfanges med Øret, idet der frembringes lange og korte Lyde i en Telefon.

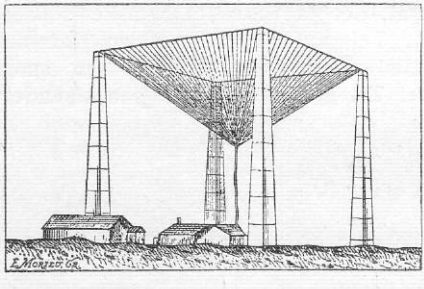


Fig. 296. Marconis transatlantiske Station ved Kap Breton.

I Italien bygges for Tiden ved Coltano i Nærheden af Pisa en Marconisk Station, der vil blive den mægtigste i Verden; herfra haaber Marconi at kunne sende Gnisttelegrammer til Skibe overalt i Atlanterhavet, Østersøen, Middelhavet og det indiske Ocean.

Det var tilvisse en Stordaad, Marconi udførte, da han viste, det er muligt for Mennesket ved elektriske Maskiner at »raabe« fra Europas Kyster og blive hørt hinsides Atlanterhavet. Om denne Bedrift vil faa megen direkte praktisk Betydning, er derimod tvivlsomt. Hidtil har Marconi i alt Fald ikke kunnet tage Konkurrencen op med Kablerne. Telegraferingen ved de elektriske Bølger paa saa lange Afstande er temmelig usikker; den afhænger af Lufthavets elektriske Tilstand; Solstraalerne synes at have en daarlig Indflydelse; i alt Fald gaar Telegraferingen bedre om Natten end om Dagen. Endvidere har det ikke været muligt at forhindre, at Telegrammerne blev opfanget af uvedkommende. Og endelig vil de stærke elektriske Bølger, som udsendes fra en transatlantisk Station kunne for-

styrre andre Gnisltelegrafstationer i Nærheden i deres Virksomhed; denne Ulæmpe skal dog ikke have vist sig saa følelig, som man kunde formode.

Alligevel vil det sikkert blive nødvendigt at træffe internationale Lovbestemmelser angaaende Gnisttelegrafien. Hvis de forskellige Stationers Afsenderapparater frit havde Lov at »raabe i Munden paa hverandre«, vilde der ved en meget udbredt Anvendelse af Gnisttelegrafien let blive en saadan »Støj« af elektriske Bølger i Luften, at ingen Modtagerapparater kunde høre Ørenlyd. Sagen har da ogsaa allerede været drøftet i Tyskland mellem Delegerede fra forskellige Stater, men det vil ikke blive let at ordne den.

Under den sidste Kapsejlads mellem Englænderne og Amerikanerne skulde der sendes Gnisttelegrammer til Land; men efter hvad der fortaltes, blev Telegraferingen forstyrret og tildels umuliggjort derved, at der blandede sig Skældsord og Raaheder i Telegrammerne. En eller anden Bandit, der havde en Afsender for elektriske Bølger til sin Raadighed, havde moret sig med paa denne grimme Maade at afskære de andres Telegrafforbindelse. Ingen ved, hvem det var; og hvorledes skulde man kunne overbevise nogen mistænkt derom? Den Mand, der overskærer Telegraftraade, udøver en ydre Voldshandling, som forholdsvis let kan blive opdaget og straffet, men naar en Mand kan sidde inde paa en Gnisttelegrafstation og blot ved at trykke paa Telegrafnøglen udsende usynlige elektriske Bølger, som afbryder andre Stationers Forbindelse, vil det blive vanskeligt at faa hans Skyld bevist.

Om man uden Anvendelse af Cifferskrift eller lignende besværlige Kunstgreb vil kunne naa til at sikre Hemmeligholdelsen af Gnisttelegrammer, er vistnok tvivlsomt. Derimod kan man ved den saakaldte Afstemningstelegrafl indenfor visse Grænser opnaa, at to eller maaske flere Stationer i hverandres Nærhed kan telegrafere uafhængigt af hverandre, naar de indretter sig derpaa.

Dersom man i Afsenderantennen kan frembringe regelmæssige, taktfaste Svingninger af Elektriciteten, vil Apparaterne paa Modtagerstationen kunne »afstemmes« saaledes, at selv meget svage elektriske Bølger, der er udsendt i denne bestemte Takt, sætter dem i Virksomhed, medens Bølger, der har en anden Takt, skal være meget stærke for at paavirke dem. Paa en og samme Station kan der da være anbragt flere Sæt Apparater, afstemte til at modtage Telegrammer med forskellig Svingningstakt f. Eks. fra forskellige Stationer; og ligeledes kan en Station indrettes til at afsende Bølger af forskellig Takt. Man ser, at Princippet er væsentlig det samme som ved den S. 365 omtalte Stemmegaffeltelegrafi gennem Ledninger; men i Praksis er det rigtignok endnu kun meget lidt, man ved Gnisttelegrafien kan opnaa ad denne Vej. — Det er navnlig Tyskerne Braun i Strassborg og Slaby i Charlottenburg, der har gjort sig fortjent af Afstemningstelegrafiens Udvikling; af dennes Fremtid vil Gnisttelegrafiens Fremtid i det hele i høj Grad komme til at afhænge.

Det er næppe rimeligt, at Gnisttelegrafien under almindelige Forhold vil blive en Konkurrent til Traadtelegrafien; de to Slags Telegrafi vil snarere faa hver sit Felt at virke paa. Hvor der ikke er særlige Vanskeligheder forbundet med at føre Traad over Jorden eller Kabler under Vandet, er det naturligt at sende Bud fra Sted til Sted ad denne sikre Vej. Derimod faar de elektriske Bølger'det Hverv at bringe Bud til Skibe, der færdes ude paa Havet, — til Fyrtaarne, der paa Grund af Brænding og Klipper vanskelig kan faa Kabelforbindelse med Landet, — til Ekspeditioner, der færdes i Polaregne, — i Krigen mellem forskellige Hær- eller Flaadeafdelinger — o. s. v.

Gnisttelegrafien er allerede i vidt Omfang traadt i det praktiske Livs Tjeneste. Mange Atlanterhavsdampere er forsynede med Gnisttelegrafapparater, saa at de kan staa i Forbindelse med Land længe efter, at de har forladt det, og længe inden de kommer til det. Under en Rejse, Damperen »Campania« i Foraaret 1904 udførte fra England til Amerika, blev der om Bord udgivet et Blad, som hver Dag under hele Rejsen modtog Telegrammer enten fra den ene eller den anden Side (fra Marconis transatlantiske Stationer); en Tid havde Skibet endog Forbindelse med begge Sider. Som en Kuriositet kan det anføres, at der en Gang ved Gnisttelegrammer udfægtedes en Skakkamp mellem to Dampere, der sejlede i mange Miles indbyrdes Afstand ude paa Havet. Men den telegrafiske Forbindelse kan naturligvis ikke blot være til Adspredelse, men ogsaa til virkelig Nytte baade for Passagererne og for Skibet, der bl. a. kan melde sin Ankomst lang Tid forud, sende Bud om Uheld og Ulykker m. m. For Meteorologien vil regelmæssige telegrafiske Meddelelser fra Skibe rimeligvis i Fremtiden kunne faa stor Betydning. I de fleste Landes Mariner (ogsaa i- de skandinaviske Landes) er Gnisttelegrafen indført, og i den russisk-japanske Krig har den spillet en vigtig Rolle.

Guarini i Belgien har konstrueret Brandallarmeringsapparater, som, saa snart Temperaturen i det Lokale, hvor de er anbragt, stiger over en vis Grænse, af sig selv melder dette paa Brandstationen ved et traadløst Telegram, d«r angiver, hvilken Bygning Faren truer.

Der er i og for sig ikke noget i Vejen for at lade de elektriske Bølger udføre andre Hverv end just at give Signaler. Man kunde f. Eks. ved Hjælp af dem paa Afstand styre en Baad med Sprængstofler, der udsendtes mod et fjendtligt Skib. Ligesaa vel som de elektriske Bølger, der udsendes fra en Station, kan sætte et Morseskriveapparat langt borte i Gang, ligesaa vel kunde de sætte en Mekanisme (f. Eks. en Elektomotor med Akkumulatorer), som drejede Baadens Ror, i Virksomhed eller ud af Virksomhed; paa korte Afstande er noget saadant virkelig udført.

Det er her forudsat, at Drivkraften til Rorets Drejning (og til Baadens Fremdrift) fandtes i Baaden, saa at de elektriske Bølger

kun skulde udrette det forsvindende ringe Arbejde at slutte eller afbryde en Strøm, som udløser Drivkraften. Tesla (S. 183), der har udført mange smukke og interessante Forsøg med hurtige elektriske Svingninger, har imidlertid ogsaa prøvet paa at sende større Mængder af Arbejdskraft gennem Luften. Han har blandt andet bragt Glasrør med stærkt fortyndet Luft til at lyse i Nærheden af elektriske Apparater, men uden synlig Forbindelse med dem, og efter nyere Beretninger kunde det synes, som om han ogsaa havde udført traadløs Kraftoverføring paa større Afstande og i stor Stil. Men disse Beretninger er meget uklare, og navnlig faar man ingen Besked om, hvor stor en Brøkdel af den anvendte Arbejdskraft, der kunde overføres, og dette er dog her Hovedsagen. Netop af denne Grund gælder det ved elektrisk Kraftoverføring endnu langt mere end ved Telegrafering, at det er den naturligste Fremgangsmaade at føre Arbejdskraften ad den sikre Vej gennem Ledninger, der kan hindre den i at spredes til Siderne.

XV. ØJETS OG ØRETS HJÆLPEMIDLER.

Briller, Mikroskop, Projektionsapparat, Kikkert og Spektroskop. — Stereoskop og Kinetoskop. — Midler til at se ind i Legemets Indre. — Telefon og Telegrafon.

Allerede i Oldtiden vidste man godt, at der kunde fremkomme mærkelige Virkninger ved Lysets Brydning i Kugleflader. Flere Forfattere omtaler saaledes, at man ser Genstandene større gennem Glasperler eller gennem en rund Glasflaske fyldt med Vand, og det var ligeledes vel kendt, at en saadan Flaske eller en stor Glaskugle kunde samle Solstraalerne saa stærkt paa en lille Plet, at Genstande, som holdtes her, kunde bryde i Brand. Men egentlige Glaslinser, d. v. s. flade Glaslegemer begrænsede af krumme, konvekse (udbuede) eller konkave (indbuede) Overflader, der er Dele af større Kugleflader, har man rimeligvis først begyndt at beskæftige sig med i Middelalderen. Fig. 297 viser Gennemsnittet af forskellige Linseformer; de tre første, der er tykkest paa Midten, kaldes konvekse eller Samlelinser, de tre sidste, der er tyndest paa Midten, konkave eller Spredelinser.

At svagt krummede Linser, anbragte foran Øjnene af Folk med daarligt Syn, i visse Tilfælde kunde hjælpe dem til at se tydeligt, opdagede man i Slutningen af det 13. Aarh., men det vides ikke sikkert, hvem man skal tillægge Æren for Brillernes Opfindelse; maaske var Opfinderen en Italiener Armati. Formodentlig har man ikke straks været klar paa, at langsynede Folk skulde

have konvekse, nærsynede konkave Briller, eller forstaaet at indrette Brillernes Krumning efter de forskellige Øjne.

Opfindelsen af Brillerne medførte saa store Fordele for langsynede og nærsynede Mennesker, at Brillemagerkunsten hurtigt maatte vinde Paaskønnelse og Udbredelse. Da saaledes mange Mennesker kom til at beskæftige sig med at tildanne Linser, skulde man ikke tro, det kunde vare længe, inden man fandt paa at bruge Linser og Linsesammensætninger paa andre Maader end blot til Hjælp for svage Øjne. Ikke des mindre gik der et Par Aarhundreder, inden man naaede videre frem. Selv de konvekse Linsers forstørrende Evne, som umuligt kunde undgaa Opmærksomheden, og som sikkert ogsaa tidt og ofte har været benyttet til Lejlighedsmorskab, begyndte man først at anvende for Alvor til videnskabelige Undersøgelser o. Ign. i det 17. Aarhundrede. Til Dels kan dette

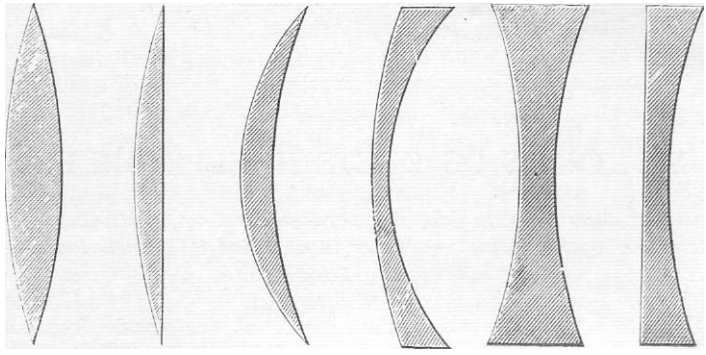


Fig. 297. Forskellige Linseformer.

forklares derved, at kun meget smaa Linser med stærkt krummede Overflader, forstørrer saa stærkt, at man ved dem kan opdage Ting, som er fuldstændig skjulte for det uvæbnede Øje; kun paa dem kan man med Rette anvende Navnet Mikroskop, d. v. s. »Smaaseer«.

Blandt dem, der maa dele Æren for at have aabnet en helt ny Verden for Menneskets Blik ved Hjælp af Mikroskopet, fortjener særlig Hollænderen Leuwenhoek (1632—1723) en fremragende Plads. Aldrig har nogen Opdagelsesrejsende i ukendte Lande fundet flere forbavsende og vidunderlige Ting end dem, der viste sig for Leuwenhoeks undrende Øje, da han rettede sit Mikroskop mod Dyr og Planter, mod Jord og Vand. Blandt andet fandt han en Draabe af noget Regnvand, der havde staaet faa Dage i en Lerkrukke, befolket af talrige Smaavæsener, hvis Lige aldrig før var set af noget Øje.

Fig. 298 viser et af de Mikroskoper, Leuwenhoek brugte ved sine Iagttagelser. Genstanden, der betragtes, er her en lille Fisk, der er

anbragt med Halen opad i et langstrakt Glas med Vand, for at man kan iagttage Blodomløbet i de fine Aarer. Glasset fastholdes af Fjedre i Mikroskopstativet, og i en Metalplade *D,* som ved en Skrue kan nærmes til og fjærnes fra Glasset, lindes lige ud for Halen en lille Linse, som er det egentlige Mikroskop. — Han sleb selv sine Linser, og han maa have naaet en aldeles forbavsende Færdighed i at behandle ganske smaa Glas; kun herved kan man forstaa, at han kunde opnaa saa stærke Forstørringer, som krævedes til de Opdagelser, han har gjort. Det angives, at han med enkelte af sine tal-

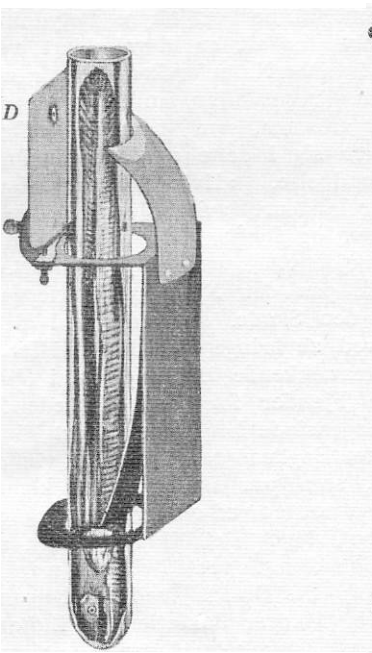


Fig. 298 Leuwenhoeks Mikroskop.

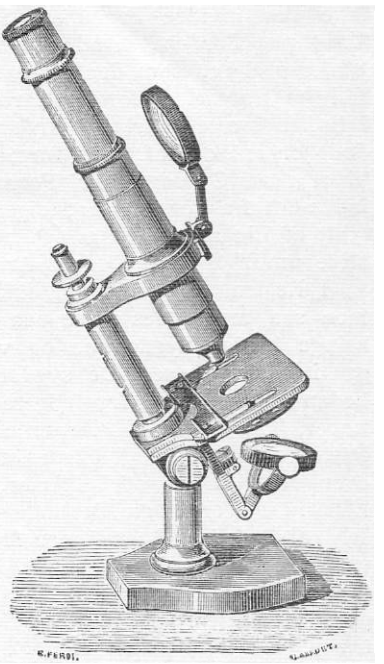


Fig 299 Sammensat Mikroskop.

rige Mikroskoper naaede at forstørre Genstandenes Tværmaal mindst 160 Gange, svarende til en Forstørring af over 25000 Gange i Flademaal. At en Genstands Tværmaal forstørres 160 Gange, vil sige, at Vinklen mellem Synslinjerne til to af dens Punkter (Synsvinklen) ved Mikroskopets Hjælp bliver 160 Gange saa stor som, naar Genstanden betragtes med det blotte Øje i den Afstand, vi almindeligt bruger ved Læsning (c. 25 cm.).

I vore Dage bruger man til saa store Forstørringer altid et sammensat Mikroskop, der bestaar af et langt Rør med en Linse — eller rettere en Linsesammensætning — i hver Ende.

Det sammensatte Mikroskop skal være opfundet allerede 1590,

men var endnu paa Leuwenhoeks Tid saa ufuldkomment, at det enkelte maatte foretrækkes; først langt senere blev det saaledes forbedret, at man ved det kunde naa meget stærkere Forstørringer end ved Leuwenhoeks bedste enkelte.

Vi har nu ved Mikroskopet opdaget Smaavæsener (Mikroorganismer), mod hvilke de af Leuwenhoek opdagede Smaadyr (Infusorier og Hjuldyr) er rene Kæmper. Navnlig gælder dette om Bakterierne; de mindste af disse er saa smaa, at om vi paa en Vægtskaal samlede saa mange af dem, som der er Mennesker paa hele Jorden, vilde det kun kunne mærkes paa meget fine videnskabelige Vægte. Ikke des mindre har disse Smaavæsner en uhyre Betydning for Livet paa Jorden, hvad der fremfor alt er blevet klart ved de Undersøgelser, som den store franske Naturforsker Pasteur udførte i sidste Halvdel af forrige Aarhundrede. Han fandt, at der overalt i Luften svæver talrige Mikroorganismer, som, naar de træffer paa dødt organisk Stof, kan formere sig i dette og derved bringe det til at gaa i Gæring eller Forraadnelse. »Hvis Mikroorganismerne forsvandt fra vor Klode«, siger Pasteur, »vilde Jorden blive overfyldt af Lig af alle Slags (Planter og Dyr). Uden dem vilde Livet blive umuligt, fordi Dødens Arbejde vilde være ufuldstændigt.«

I Reglen tænker vi dog ikke paa den Nytte, Bakterierne gør, men saa meget des mere paa den Skade, de volder ved at frembringe talrige Sygdomme og ved at bringe vore Fødemidler til at gaa i Forraadnelse. De sygdomsvækkende Bakterier er i Virkeligheden ogsaa langt frygteligere Fjender for Menneskeheden, end Løver, Tigre eller Giftslanger nogensinde har været. Kort Tid efter Pasteurs Opdagelser lykkedes det Englænderen Lister at vinde Sejr over den Gruppe af Bakterier, som paa Hospitalernes kirurgiske Afdelinger frembragte Betændelse næsten ved ethvert Saar og gjorde selv ubetydelige Operationer livsfarlige. Det Middel, Lister angav, var den »antiseptiske« Saarbehandling, ved hvilken man først dræber alle Bakterier i Saaret og dets Omegn med Karbolvand og dernæst ved en særlig Forbinding hindrer Bakterier fra Luften i at trænge ind til Saaret. Den Sejr, Lister herved vandt, er maaske den største, der nogensinde er vundet i Lægekunstens Historie; men mod talrige andre Bakterier maa vi fremdeles føre en liaardnakket Kamp, og under denne er Mikroskopet, som allerede vejledede Pasteur ved hans Undersøgelser, det eneste Middel, ved hvilket vi kan faa Øje paa Fjenderne og i det mindste et af de vigtigste Midler til Udforskning af deres Taktik. Blandt dem, der har udmærket sig i dette Rekognosceringsarbejde, maa først og fremmest nævnes Tyskeren Robert Koch, der blandt andet har opdaget Tuberkelbacillen (1882) og Kolerabacillen (1884).

At vi i Fremtiden ved Mikroskopet vil opdage Organismer, der er endnu meget mindre end de mindste kendte Bakterier, er ikke meget rimeligt allerede af den Grund, at vi ved Nutidens bedste Mikroskoper synes at være kommen meget nær til de Grænser for

det synlige, som betinges af selve Lysets Natur. Ved Mikroskop eller Lup, kan kun en enkelt ad Gangen betragte en Genstand, og de anvendes derfor særlig af Videnskabsdyrkere. Derimod har den Kunst at fremstille forstørrede Billeder paa en Skærm, saa at de kan betragtes af en hel Forsamling, i vore Dage faaet en overordentlig stor Betydning for Spredningen af Videnskabens Resultater. Saadanne Linsebilleder (Lysbilleder, Projektionsbilleder) dels af mikroskopiske Præparater, dels af gennemsigtige Fotografier er nu et almindeligt Tilbehør ved mange Slags Foredrag, hvor de i høj Grad bidrager til at vække Interessen og fremme Forstaaelsen.

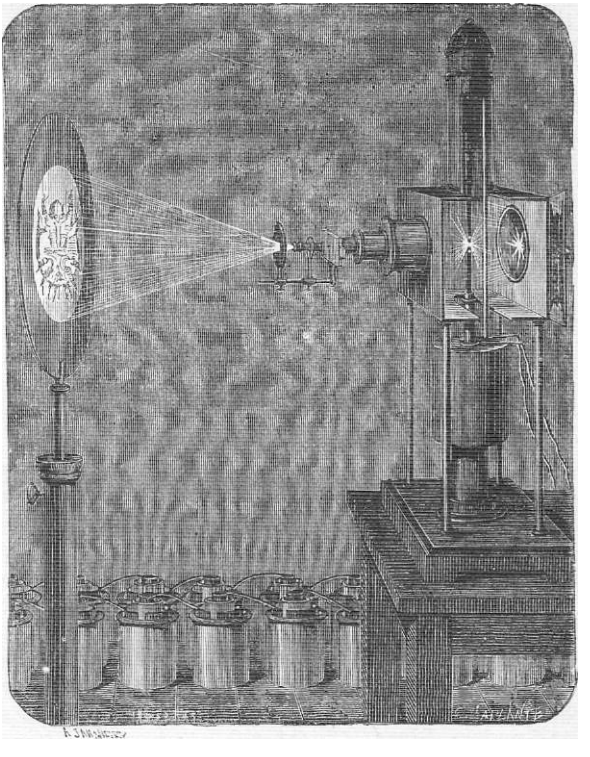


Fig. 300. Projektionsapparat med elektrisk Lys.

Allerede della Porta (1538—1615), der maa betragtes som Opfinder af «camera obscura« (se S. 237) fremstillede Lysbilleder af Billeder, malede paa gennemsigtigt Papir. I et rundt Hul, han havde dannet i Vinduesskodderne til et mørkt Værelse, anbragte han et Rør, hvis ene udadvendte Ende var lukket med Billedpapiret, medens der i den anden Ende fandtes en Linse. Naar Afstanden mellem Papiret og Linsen afpassedes rigtigt, frembragte Linsen paa Stuens Bagvæg forstørrede Gengivelser af Billederne paa Papiret, der belystes af Solen. Fremstillingen af Lysbilleder ved Sollys kan imidlertid kun anvendes under gunstige Lys- og Lokaleforhold.

Æren for at have opfundet Projektionsapparater, der virker ved kunstigt Lys, tilkommer vistnok den danske Matematiker Thomas Valgenstenius, der ved Midten af det 17. Aarhundrede foreviste

sin »Tryllelygte« (Laterna magica) i Italien og andetsteds. Datidens ufuldkomne Belysningsmidler kunde dog kun give tarvelige Lysbilleder med forholdsvis ringe Forstørring. Navnlig hvis man ønsker at faa stærkt forstørrede Billeder af mikroskopiske Præparater, er det nødvendigt at belyse disse stærkt, f. Eks. ved elektrisk Lys.

Kikkerten er opfundet i Begyndelsen af det 17. Aarhundrede, som det synes omtrent samtidig af flere Hollændere, af hvilke den ene var en Brillemager Lippershey i Middelburg. Da Galilei i Italien hørte om det nye Instrument, der gjorde det muligt at se paa lange Afstande, fandt han imidlertid selv ud af, hvorledes det kunde dannes, og medens Hollænderne kun tænkte paa Kikkertens praktiske Nytte paa Søen, i Felten o. s. v., vendte Galilei sin Kikkert mod Himmelhvælvingen. Han anede, at Menneskeheden i dette Instrument havde faaet et nyt og mægtigt Middel til at gennemtrænge Himmelrummets Dybder og udforske dets Hemmeligheder, og hans egne Iagttagelser bekræftede dette paa en glimrende Maade. For hans væbnede Øje begyndte Mælkevejen at opløse sig i et Mylder af Stjærner. Mangfoldige Steder dukkede talrige hidtil aldrig sete Stjærner frem paa Himlen. Maanen viste tydelig en ujævn Overflade med Bjærge og Kratere, og paa Solskiven fandtes der Pletter. Omkring Planeten Jupiter vandrede fire Smaastjærner, som Maanen vandrer om Jorden, og Planeten Saturn viste mærkelige Uregelmæssigheder, som Galilei endnu ikke kunde tyde. — Disse Opdagelser stod i stærk Strid med den overleverede Opfattelse af Verdens Bygning. Allerede Kopernikus' Lære om Jordens Bevægelse og nogle af Tyge Brahes Iagttagelser rokkede ved den gamle Opfattelse; men medens dette var Ting, som de Lærde kunde diskutere, kunde Galilei vise Jupiters Maaner og Pletterne i Solen til enhver, der vilde se ind i hans Kikkert. Det vilde ganske vist ikke alle; adskillige af hans Modstandere indtog det trygge Standpunkt, at de ikke vilde indlade sig paa at kikke i et saadant forhekset instrument.

Baade i Hollændernes og i Galileis Kikkerter fandtes der ligesom i Nutidens Teaterkikkerter i den Ende, der vendte mod Øjet, en konkav Linse (Okularet) og i den anden Ende af Kikkertrøret en konveks Linse (Objektivet). Den store Astromom Kepler beskrev snart efter en Kikkert, hvor baade Objektiv og Okular er konvekse; den viser rigtignok Genstandene paa Hovedet, hvad der er en slem Fejl, hvis man vil betragte Landskaber eller Teaterforestillinger; og Fejlen kan kun afhjælpes, naar man bruger 3 eller flere Linser og samtidig gør Børet længere. Men til Betragtning af Stjærnehimlen kan Keplers Kikkert godt bruges uden nogen saadan Tilføjelse. — Naar man paa et bestemt Sted i Røret anbringer et fint Traadkors helst af Edderkoppespind —, kan man tillige ved denne Kikkert udføre nøjagtige Maalinger; ved at vende Kikkerten — som maa tænkes anbragt i et Maaleapparat — saaledes, at den Stjærne, man vil betragte, netop ses i Traadeues Krydningspunkt, faar man

nemlig en meget nøjagtig Sigtelinje til Stjærnen. — Siden Galileis og Keplers Tid er Kikkerterne blevet forbedrede paa mange Maader, og mangfoldige vigtige Opdagelser paa Stjærnehimlen er gjort ved dem. Der vil sikkert blive gjort mange endnu; men med Hensyn til Forstørring og Lysstyrke synes vi dog at være kommet nær til Grænsen ved Nutidens Kæmpekikkerter med Objektivlinser henimod 1 Meter i Tværmaal. Dels er det overordentlig vanskeligt at fremstille saa store, endsige større Linser, og endvidere vil den Forstyrrelse i Lysstraalernes Gang, som voldes af Luftens Uro, faa meget stor Indflydelse ved Kæmpekikkerterne og i Reglen gøre det umuligt at benytte den stærkeste Forstørring, Kikkerten kan give.

Kikkertens Opfindelse betød Virkeliggørelsen af en Tanke, mange havde haft. I gamle Eventyr tales der om Folk med vidunderlig skærpet Synssans, og Hulspejles og Linsers Egenskaber havde tidlig givet Haabet om at frembringe en »Fjærnseer« reel Næring. Men i det 19. Aarhundrede fik vort Øje i Spektroskopet et nyt Hjælpemiddel, der giver vort Syn en Evne, hvorom næppe nogen forud havde drømt. Ved dette Instrument kan vi se, hvilke Stoffer der findes paa Solen og Fiksstjærnerne; og det har vist sig, at de Stoffer, vi kender fra Jorden, findes ogsaa ude i Verdensrummet saa langt vort væbnede Øje rækker, selv i de fjærne Egne, fra hvilke Lyset, der gaar 40 000 Mil i Sekundet, rimeligvis er Aartusinder om at naa vort Øje. Hernede paa Jorden kan vi undersøge et Stof og finde, af hvilke Grundstoffer det bestaar, idet vi opheder en ganske ringe Mængde deraf meget stærkt og betragter Lyset fra de glødende Dampe i et Spektroskop. Denne »Spektralanalyse« er i mange Tilfælde langt finere end nogen anden Art af kemisk Analyse. Det er hovedsagelig Tyskerne Kirchhoif og Bunsen (S. 173), der er Ophavsmænd til Spektralanalysen. — Med Hensyn til Princippet for Spektroskopet skal det blot nævnes, at dets vigtigste Bestanddel er et Glasprisme med trekantet Gennemsnit (som dem, der ofle hænger paa gammeldags Lysekroner); paa lignende Maade som Regndraaberne opløser Sollyset i Regnbuefarver, kan nu Spektroskopets Prisme adskille Lyset fra forskellige Lyskilder saaledes i Farvearter, at man kan se, hvilke der findes og hvilke der mangler, og herved kendetegnes de Stoffer, som udsender Lyset.

Medens Kikkerten kan hjælpe os ved Betragtningen af fjærne Genstande, fra hvilke Lysstraalerne frit kan komme til vort Øje, bliver den magtesløs, "saa snart en Mur eller hvilkensomhelst anden uigennemsigtig Genstand danner en Hindring for Lysstraalerne. Selv med de stærkeste Kikkerter kan vi ikke fra Sjælland se Mennesker eller Huse i Jylland, fordi Jordens Krumning skjuler dem for vort Blik. Den eneste Maade, paa hvilken vi kan faa Ting, der findes i fremmede Lande, at se uden at rejse derhen, er ved at skaffe os Billeder af dem, og dette kan nu ske i vidt Omfang og paa en meget fuldkommen Maade ved Hjælp af Fotografiapparatet.

Selv de bedste Fotografier er jo imidlertid vidt forskellige fra den Virkelighed, de skal afbilde. De er i Reglen meget mindre end Genstandene; de gengiver ikke disses Farver; de er fuldstændig flade Gengivelser af Genstande, der har Dybde i Rummet; og endelig er de døde og ubevægelige. Vi kan dog ved forskellige Midler komme over alle disse Mangler, i alt Fald til en vis Grad.

Fotografiernes Lidenhed kan vi til Dels raade Bod paa ved Forstørrelsesglas og Projektionsapparater. At skaffe fotografiske Gengivelser med naturlige Farver er ogsaa muligt, om end paa en noget besværlig Maade (se S. 245). Endvidere har vi i Stereoskopet et Middel, ved hvilke flade Billeder kan træde frem for vort Øje, som om de havde Dybde i Rummet.

Betragter man f. Eks. en Tændstikæske, der staar paa et Bord og vender Enden mod Ansigtet, vekselvis med højre og venstre Øje, opdager man let, at de to Øjnes Synsindtryk af Æsken ikke er ganske ens. Bruger man begge Øjne samtidig, volder denne Forskel ikke, som man skulde tro Forvirring, men den hjælper os netop til rent umiddelbart at faa et levende Indtryk af, at Æsken er en virkelig Genstand, der ligger paa Bordet, og ikke et Billede, malet paa Bordet; selv om et saadant Billede var udført med den største Kunst, vilde det dog adskille sig fra en virkelig Æske netop derved, at det saa ens ud for begge Øjne. Englænderen Wheatstone fandt da for c. 70 Aar siden paa at overvinde denne Mangel, idet han af en og samme Genstand tegnede to lidt forskellige Billeder og samtidig lod det højre Øje betragte det ene, det venstre det andet; naar dette blev gjort paa rette Maade, kunde man faa et skuffende Indtryk af, at det var en virkelig Genstand, man havde for sig, og ikke to flade Billeder. Wheatstone maatte nøjes med tegnede Billeder og til Betragtning af dem anvendte han Apparater med Spejle eller Prismer. I Nutidens Stereoskoper betragtes to Fotografier, tagne fra lidt forskellige Standpunkter, gennem forstørrende Linser, og det er forbavsende, saa stærke og levende Synsindtryk man kan faa ad denne Vej, særlig af plastiske Værker (Statuer, Monumenter o. Ign.), hvor det blot er Formen, det kommer an paa.

En ejendommelig Anvendelse har Astronomerne i den nyeste Tid gjort af Stereoskopet, idet de har brugt det til at udfinde Stjærner, der bevæger sig i Forhold til de omgivende Stjærner. Betragter man ved Stereoskopet to Fotografier, tagne paa forskellig Tid af samme Himmelegn, vil de Stjærner, som i Mellemtiden har flyttet sig, synes at staa foran eller bag ved Billedets Plan, selv om Flytningen er saa ringe, at den kun med Besvær kunde opdages paa anden Maade.

Naar det er levende Væsener, der er afbildet, kan hverken Stereoskopet eller andre af de ovenfor nævnte Midler gengive det, der er Livets vigtigste Kendemærke, nemlig Forandringen, Bevægelsen. Man kunde synes, at det overhovedet stred mod Billeders Natur at gøre dem levende i denne Henseende; men ikke des mindre har

man længe forstaaet, at fremstille »levende Billeder«. Et meget simpelt Middel herlil, det saakaldte Fenakistoskop, er angivet for c. 100 Aar siden af Franskmanden Plateau. Det bestaar af en rund Papskive, langs hvis Omkreds der findes en Række Billeder f. Eks. af en Mand i en Bække hurtigt efter hinanden følgende Stillinger under et Spring; tillige er der i Skiven udskaaret ligesaa mange smalle Aabninger, som der er Billeder, og endvidere kan Skiven drejes om en Aksel, der gaar gennem dens Midtpunkt og er befæstet til et Haandtag. Dette Apparat holdes saaledes,, at Skivens Billedside vender mod et Spejl, og man betragter Billederne gennem en af Aabningerne i Skiven; naar man nu sætter Skiven i Omdrejning, kan man kun se Billederne, hver Gang en Aabning passerer forbi Øjet; mellem hvert saadant Blik paa Billederne vil disse da være rykket saa meget frem, at hvert Billede netop er kommet hen paa det forriges Plads; man faar altsaa paa samme Sted efterhaanden Manden at se i alle de forskellige afbillede Stillinger under Springet, og hvis Bevægelsen foregaar hurtigt nok, vil man synes at se Springet udført; Øjet lægger ikke Mærke til, at der i Virkeligheden ikke er nogen jævn Overgang mellem de enkelte Stillinger.

Fig. 301. Kunstnerisk udført Fenakistoskop med Reliefbilleder.

Dersom ^Afstandene baade mellem Aabningerne og Billederne er meget ensartede, og Billederne tillige er gode Øjebliksfotografier, tagne med f. Eks. 1/15 Sekunds Mellemrum, kan dette eller lignende Apparater frembringe en meget stærk Illusion; men dels kan Billedrækken kun blive meget kort, dels virker det ubehageligt, at man stadig har den drejende Skive for Øje; og endelig er det kun smaa Billeder, der kan vises paa denne Maade. Edison og efter ham franske Opfindere har under Navn af »Kinetoskop«, »Kinetograf« el. Ign. konstrueret Apparater, hvor disse Ulemper er undgaaet. Fig. 302 viser Franskmanden Carpentiers kinetoskopiske Forevisningsapparat, ved hvilket levende Billeder fremstilles som Projektionsbilleder paa en Skærm.

Øverst til højre er anbragt en Celluloidstrimmel, paa hvilken der tidligere er taget henimod 1000 smaa Øjebliksfotografier af den Scene, som nu skal fremføres; Strimlens hele Længde er over en Snes Meter. Ved Drejning paa et Haandsving føres Strimlen ned gennem et Projektionsapparat; hele Strimlens Passage varer kun et Minut eller lignende; men den bevægende Mekanisme, der griber ind

i Huller langs Strimlens Rande, er saaledes indrettet, at Strimlen standser et Øjeblik for hvert af de 1000 Billeder. Samtidig aabnes en Blænder i Projektionsapparatet, saa at deltes billeddannende Linse paa Forevisningsskærmen kan frembringe et Lysbillede i det korte Tidsrum, Billedet er i Ro; derpaa lukkes Blænderen, indtil det næste Fotografi $^{x}/_{15}$ Sekund senere er kommet paa det forriges Pla'ds, o. s. fr. Fotograflerne, der er gennemsigtige, belyses bagfra ved elektrisk Lys, idet en stor Del af dettes Straaler ved Hjælp af en Linse rettes mod dem.

Edison har sat meget Arbejde ind paa at tilvejebringe en saadan Forening af Kinetoskop og Fonograf, at Tilskuerne kunde høre de Personer, der fremførtes som levende Billeder, tale eller synge.

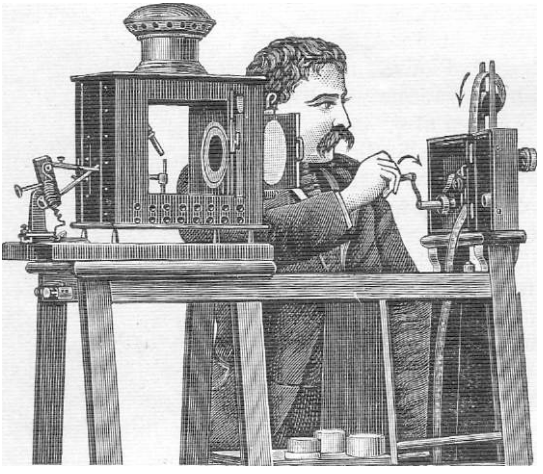


Fig. 302. Kinetoskop.

Det skulde saaledes f. Eks. blive muligt for en stor Skuespiller at give fuldendte Prøver paa sin Kunst i amerikanske Byer, medens hans Legeme befandt sig i London. Berømte Talere kunde, naar Eftertiden fejrede Fester til deres Minde, selv træde frem og gentage for den nye Slægt den Tale, som henrev deres Samtid til Begejstring.

Det er dog endnu kun paa meget ufuldkommen Maade lykkedes Edison at naa sit Maal. Dels er det meget vanskeligt at faa de Bevægelser, Ivinetoskopet viser, til at følges saa nøjagtigt med de tilhørende Lyde, som udgaar fra Fonografen, at man virkelig faar et skuffende Indtryk af, at det er Billederne, som taler. Dels *er det — i alt Fald ved Tale — vanskeligt at faa Fonografen til at tale rent og tydeligt og samtidig saa højt, at det kan høres af en hel Forsamling.

Ikke ringest Betydning blandt Øjets Hjælpemidler har de, der har gjort det muligt for Lægerne at se ind i Menneskelegemets Indre.

Til disse hører blandt andet Øjespejlet, som er opfundet 1851 af den tyske Læge og Fysiker Helmholtz, og som gør det muligt for Lægen at opdage sygelige Tilstande i Øjets Baggrund. Endvidere Strubespejlet, hvis Opfinder var en spansk Sanglærer Manuel Garcia. Han brugte det til at undersøge Halsorganernes, navnlig Stemmebaandenes Stilling under Sang; men det har tillige faaet en overordentlig stor Betydning for Halslægerne, der ved Hjælp af det ikke blot kan undersøge skjulte Partier i Strube og Svælg, men ogsaa foretage Penslinger, Brændinger og andre Operationer paa de Punkter, hvor det gøres nødigt.

Til Undersøgelse af Struben hører forøvrigt to Apparater, nemlig dels det egentlige Strubespejl — et lille Spejl, der er anbragt paa en Stang og ved denne føres ind i Svælget — dels Pandespejlet — et større Hulspejl, som befæstes paa Undersøgerens Pande og kaster Lys fra en Lampe ned paa Strubespejlet og fra dette hen paa de Steder, som samtidig betragtes.

Forøvrigt kan man ogsaa føre smaa elektriske Glødelamper ind i Legemets Hulheder og derved belyse dem indvendig; man har endogsaa ført Glødelamper ned i Mavesækken.

Det mærkeligste af alle Midler til at se ind i Menneskets Indre er dog Røntgenstraalerne.

I Slutningen af 1895 opdagede W. K. Røntgen, Professor i Wiirzburg, at et Glasrør med stærkt fortyndet Luft (Vakuumrør), gennem hvilket man sendte Elektricitet, udsendte en ejendommelig Slags Straaler, som kunde gaa gennem Pap og Træ, Kød og Ben, ja, foi den Sags Skyld gennem alle Stoffer, men i meget forskellig Grad. Dog standsede en meget tynd Metalplade, særlig af de tunge Metaller, dem fuldstændig; Knogler svækkede dem langt mere end Muskler, Fedtvæv o. lgn.; men ogsaa disse sidste løsere og lettere Bestanddele af Legemet kunde indbyrdes vise ikke saa lidt forskellige Forhold overfor Straalerne. Straalerne formaaede ikke direkte at gøre Indtryk paa det menneskelige Øje; men naar de traf en Skærm, der var overtrukket af visse bestemte Stoffer — bedst Baryumplatincyanur — bragte de delte Lag til at lyse (fluorescere).

Ved Hjælp heraf kan man nu f. Eks. faa Knoglerne i en Haand at se paa følgende Maade: Foran Øjnene holder man en Skærm som den omtalte, idet Baryumplatincyanuret vender mod Ansigtet; naar man lader Straalerne fra et Vakuumrør bag fra træffe Skærmen, der kan være af Papir eller tyndt Træ, vil Forsiden lyse over det hele, da Straalerne jo ikke standses af Skærmen. Holder man nu en Haand mellem Røret og Skærmen, vil man paa denne se et Skyggebillede af Haanden med Knoglerne indtegnede som mørkere Partier; thi Straalerne svækkes noget ved at gaa gennem Kødvævet,

mere ved at passere Knoglerne, og i tilsvarende Grad svækkes Fluorescenslyset, hvor de svækkede Straaler træffer Skærmen.

Paa lignende Maade kan man f. Eks. se Mønter, der ligger indeni en Portemonnæ eller en aflaaset Bordskuffe, og mange andre skjulte Ting. Ved Hjælp af de nyere forbedrede Apparater til Fremstilling af Røntgens Straaler kan man ogsaa se tværs igennem Menneskets Legeme, skelne Hjærtets Omrids og se det slaa, følge Mellemgulvets Bevægelser o. s. v.

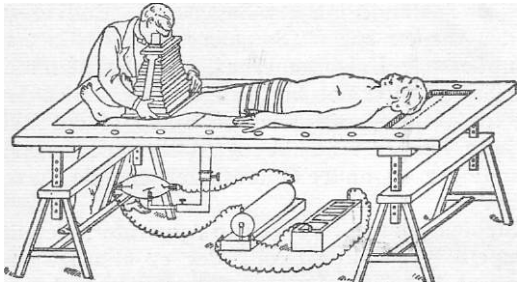


Fig. 303. Kryptoskopet benyttes til Undersøgelse af en Patients Ben.

Skønt Lysvirkningerne paa Skærmen kun er svage, er det ikke nødvendigt at udføre Eksperimentet i et mørkt Værelse; man kan nøjes med at anbringe Skærmen som Bagvæg i en Kasse, hvis anden Ende har Aabninger til Øjnene eller Hovedet, men paa en saadan Maade, at der intet Lys kan slippe ind i Kassen, naar man kikker i den. Dette Apparat kaldes et Kryptoskop.

Det er fremfor alt i Lægekunsten, at Røntgenstraalerne har fundet praktisk Anvendelse. I Stedet for at benytte Kryptoskopet, foretrækker man her i Reglen at tage Fotografier ved Straalerne, der nemlig paavirker fotografiske Plader. Man bruger da intet Kamera, men lader blot Straalerne træffe en lystæt Kasette, inden i hvilken den fotografiske Plade ligger; de gaar da gennem Kasettens Vægge ind til Pladen, der optager og bevarer de Skyggebilleder, Straalerne danner; de saaledes dannede Fotografier bliver i Reglen meget tydeligere end de Skyggebilleder, man direkte ser i Kryptoskopet.

Fig. 304. Røntgenfotograf! af en Albue, der er af Led.

Fotografering med Røntgenstraaler bruges navnlig, naar et Projektil, en Naal eller en anden Metalgenstand er trængt ind i Legemet, og man vil have nøjagtig Besked om, hvor den sidder, foi

derefter eventuelt at kunne fjærne den ved Operation. Men man kan ogsaa paa denne Maade finde Nyrestene og visse Svulster, udføre Maalinger af Skelettets Dele, undersøge Knoglernes Stilling efter Benbrud m. m.

Til Frembringelse af Røntgenstraalerne kræves et ret vidtløftigt Apparat, bestaaende af Vakuumrør, galvanisk Batteri og Induktionsapparat, der omdanner Batteriets lavtspændte Strømme til højtspændte Strømme, som formaar at gaa gennem Vakuumrøret. Becquerel og Ægteparret Curie i Frankrig opdagede imidlertid sidst i 90'erne, at flere Stoffer af sig selv udsender Straaler med lignende Egenskaber som Røntgentstraalerne. Straaler fra Radium, der er det mest virksomme af disse Straalestoffer, formaar endog at gennemtrænge Rlyklodser af adskillige Centimeters Tykkelse. Denne Gennemtrængningsevne eller »Haardhed«, som man kalder det, er forøvrigt ikke uden videre en Fordel, thi den bevirker, at Straalerne gaar igennem de fotografiske Plader uden at paavirke dem; men da Radium udsender flere Slags Straaler, og man desuden paa flere Maader kan omdanne de haarde Radiumstraaler til blødere, der virker paa fotografiske Hinder, er det alligevel muligt at anvende Radiumstraaler til Fotografering af skjulte Ting. Men foreløbig har der dog blandt andet paa Grund af Radiums høje Pris ikke været Tale om at bruge det i Praksis i Stedet for Røntgenrørene.

Det kan være, at baade Røntgen- og Radiumstraaler ogsaa paa en helt anden Maade vil faa Betydning i Lægekunsten, nemlig som helbredende Middel mod visse Sygdomme. At Solstraalerne havde helbredende Virkninger, har man ofte tidligere iagttaget eller ment at iagttage, og i det sidste Aarti har den unge danske Læge Niels Finsen ikke blot ved Hjælp af Sollys og elektrisk Lys vundet Sejr over den frygteligt vansirende Sygdom Lupus, men tillige ført Straalebehandlingen i det hele taget ind paa det rette Spor; han har nemlig gjort det klart, at man i Stedet for at famle og prøve sig frem maa sætte fuld Kraft ind paa at finde, hvorledes de forskellige Straalearter, hvoraf Sollyset og Lys fra andre Lyskilder er sammensat, virker hver for sig, og at sondre mellem deres forskellige Egenskaber som Evne til at dræbe bestemte Bakterier, at gennemtrænge Huden eller Blodet o. s. v.

Da nu Røntgen- og Radiumstraaler let kan trænge dybt ind i Legemet, kunde man paa Forhaand nære Haab om ved dem at kunne bekæmpe Sygdomme, der har deres Sæde dybere inde, end Lysstraalerne kan naa. Desuden kan Radiumstraaler ogsaa paa andre Maader bringes til at virke inde i Legemet. Man kunde f. Eks. i mange Tilfælde uden nogen farlig Operation føre et lille tilsmeltet Glasrør med Radium ind i det indre af Svulster; eller man kuride bringe Straalerne fra et saadant Rør til at virke inde i Mavesækken, idet man lod Patienten sluge Røret, eventuelt befæstet til en Snor el. lgn., saa at det kunde trækkes op igen gennem Spiserøret. Da Radium har den forunderlige Egenskab, at beholde sin

Straaleevne i saa at sige ubegrænset Tid — i alt Fald aarevis uden kendelig Svækkelse —, og Brugen af et Radiumrør ingen Udgifter medfører, vilde den høje Anskaffelsespris ikke blive nogen afgørende Hindring for dets Anvendelse mod farlige Sygdomme, hvis det viser sig at kunne hjælpe.

Det berettes nu virkelig fra forskellige Steder, at saavel Røntgen- som Radiumstraaler skal være anvendt med Held mod flere Sygdomme, blandt andet mod Kræft (dog vist kun ved overfladiske Kræftlidelser). Men Sagen befinder sig endnu paa de første Forsøgsstadier, og Undersøgelserne vanskeliggøres i høj Grad derved, at det ikke blot er muligt, at Straalerne kan gøre Nytte, men tillige sikkert, at navnlig Radiumstraalerne kan gøre Skade, f. Eks. frembringe ret alvorlige Saar paa Huden, og det paa en særlig lumsk Maade, da Virkningen først viser sig mange Dage efter Bestraalingen.

Efter denne liiie Afvigelse fra de Emner, som ellers behandles i dette Afsnit, skal vi gaa over til at betragte Ørets Hjælpemidler. Her træffer vi ikke en nær saa broget Samling som i Afsnittets foregaaende Del om Øjets Hjælpemidler.

En lignende Hjælp, som Brillerne yder lang- eller kortsynede Øjne, yder Hørerøret tunghøre Øren. Dette Apparat er i sin simpleste Form en Tragt, hvis snævre Ende anbringes i Øreaabningen, medens den vide Ende vendes mod det Sted, hvorfra Lyden kommer; men det kan ogsaa have mange andre Former, det vigtigste er, at den Aabning, der opfanger Lyden, er vid. Princippet er det samme, som man anvender, naar man holder Haanden bag Øret, og Opfindelsen af Hørerøret kan vist næppe tidfæstes.

Dersom Tale skal høres paa lange Afstande, kan det naturligvis hjælpe, at den lyttende opfanger Lyden ved et Hørerør; men tillige kan den talende forstærke Lyden ved at tale ind i den snævre Ende af et kegleformet Rør, hvis anden Ende vendes mod den lyttende; herved bevirkes nemlig, at Lyden i høj Grad sammentrænges i denne bestemte Retning i Stedet for ligeligt at spredes til alle Sider. En saadan Taletragt anvendes under Navnet Raaberen ofte paa Skibe til Uddeling af Kommando eller til Prajning af Skibe. Den skal være opfundet af Morland i England 1670.

Paa en langt fuldkomnere Maade kan man hindre Lyden i at brede sig til Siderne ved at lede den gennem et Rør hen til det Sted, hvor den skal opfanges. I 1782 indrettede en Benediktinermunk Gauthey et saadant Talerør af henimod en Kilometers Længde, og i senere Tider fik Talerøret megen Anvendelse som Forbindelsesled mellem forskellige Dele af en Bygning; selv om Røret her maa føres ad bugtede Veje, følger Lyden det uden nogen synderlig Svækkelse.

Talerøret kunde vi ogsaa kalde Rørtelefonen (Telefon betyder »Fjærnlyder«); foruden Rørtelefonen kendte man imidlertid tidligt ogsaa den mekaniske Traadtelefon, som Hooke havde beskrevet

1667. Ved denne taler man ind i den ene Ende af et Blikrør, hvis anden Ende lukkes af en tynd elastisk Plade, f. Eks. et Stykke Pergament eller Svineblære; til Midten af Pladen er fæstet en Traad, som nogenlunde stramt spændt er ført hen til en lignende Plade i et andet Blikrør, til hvilket Øret holdes. Talen sætter nu den første Plade og den dermed forbundne Ende af Traaden i Svingninger; disse Svingninger forplanter sig næsten usvækket gennem Traaden, saaledes at den anden Plade kommer til at svinge paa ganske samme Maade som den første, og idet den meddeler Svingningerne til Luften i Blikrøret, opfatter Øret Talen.

Den mekaniske Traadtelefon, som en Tid var ret udbredt, er nu næsten helt fortrængt af den elektriske, der desuden er den eneste, som kan bruges paa lange Afstande.

En Slags elektrisk Telefon, men kun Tonetelefon, er opfundet 1860 af Tyskeren Reis. Fig. 305 viser hans Apparat. Den firkantede Trækasse tilvenstre er foroven dækket af en udspændt elastisk

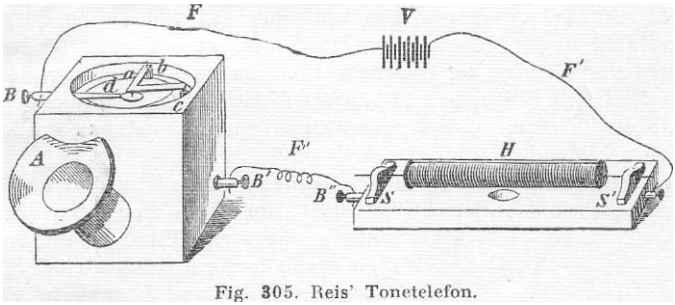


Fig. 305. Reis' Tonetelefon.

Hinde, som paa Midten bærer en lille Platinplade *d*. Lyder der nu en Tone foran Tragten *A*, der er anbragt paa Siden af Trækassen, kommer Luften i denne og dermed ogsaa den elastiske Hinde i Svingninger. Disse Svingningers Takt bestemmes atter af Tonens Højde; jo højere Tonen er, des flere Svingninger udfører Hinden i Sekundet (Smlgn S. 365). Hver Gang Hinden svinger opad, vil Platinpladen komme til at berøre en Platinspids, som er anbragt paa Vinkelstangen *bac* lige over Pladen; derved sluttes en elektrisk Strøm fra Batteriet *V*, og i Ledningen *FF'F''* vil der altsaa under Pladens Svingninger opstaa taktsatte elektriske Strømme (Tonestrøm), hvis Takt bestemmes af Tonhøjden. Det gælder nu om at faa disse elektriske Strømsvingninger til at gengive Tonen; hertil tjener Apparatet SHS', hvor Ledningen er ført i mange Vindinger rundt om en Jærnpind, som altsaa skiftevis bliver magnetisk og umagnetisk i Takt med Strømsvingningerne; dette har imidlertid den Virkning, at Pinden skiftevis forlænges og forkortes lidt, og naar Pinden er fastspændt paa en Trækasse, vil Træet i denne og dermed Luften omkring den blive sat i Svingninger, der har samme Takt som

Strømsvingningerne, altsaa ogsaa som Lydsvingningerne ved A; Øret vil derfor henne ved *SS'* høre den samme Tone som blev frembragt ved A, selv om der er en lang Vej mellem de to Apparater.

Spilles en Melodi ved A, hører man ved *SS'* de samme Toner i samme Rækkefølge, altsaa den samme Melodi. Men Tale kan Reis' Telefon ikke gengive. Dertil vilde kræves, at de elektriske Svingninger i Ledningen fuldstændig kunde rette sig efter de uhyre sammensatte Lydsvingninger, vor Tale frembringer. Men det kan de ikke. Elektriciteten kan »tælle«, hvor mange Gange Platinpladen berører Platinspidsen og atter svinger bort fra den; den kan maaske ogsaa mærke, om Pladens Tryk mod Spidsen er lidt stærkere eller lidt svagere; men under den Del af Svingningerne, hvor Pladen ikke berører Spidsen, kan Elektriciteten aabenbart ikke mærke, hvorledes Pladen bevæger sig, om den f. Eks. foruden de grovere Svingninger, der fører den fra og til Spidsen, udfører finere Dirringer, eller Bevægelsen viser andre Ejendommeligheder.

Vanskelighederne ved at faa tydelig menneskelig Tale overført ved elektriske Svingninger syntes saa store, at vistnok de færreste, der kendte til Sagen, havde stort Haab om, at det vilde lykkes, og des større var Glæden og Overraskelsen, da en Professor i Boston, Graham Bell (f. i Edinburgh 1847) paa Udstillingen i Filadelfia 1876 fremviste en Telefon, ved hvilken Opgaven var løst paa en forunderlig simpel Maade.

Hele Bells Telefonanlæg med alle dets væsentlige Dele er fremstillet ved de faa Linjer i Fig. 306. Her forestiller *a* en Magnetstang, hvis ene Ende er omgivet af en Rulle isoleret Kobbertraad *b,* medens c er en tynd Jærnplade, der er fastspændt foran Magneten. Naar man taler ind mod denne Plade, vil den svinge i Takt med de Lydsvingninger, Talen frembringer; men ved Pladens Nærmen og Fjærnen vil Magnetens Magnetisme afvekslende blive lidt stærkere og lidt svagere, og disse Forandringer i Magnetismen frembringer atter Induktionsstrømme vekselvis i den ene og den anden Retning i Kobbertraaden (se S. 369). Baade Jærnpladens Svingninger, Magnetismens Forandringer og Elektricitetens Svingninger i Ledningstraaden, vil fuldstændig rette sig efter enhver Ejendommelighed i de Lydsvingninger, Talen frembringer i Luften foran Pladen. Talen bliver saa at sige gennem en Række Forvandlinger indført i Kobbertraaden; og idet denne ved Ledningstraade er sat i ledende Forbindelse med en paa samme Maade anbragt Traadrulle b_1 paa en anden Station, vil Talen her gennemløbe den modsatte Række Forvandlinger og paa ny blive til Lydsvingninger i Luften foran Pladen c_1. De vekslende Strømme i Traaden vil nemlig snart styrke, snart svække Magneten a 1's Mag-

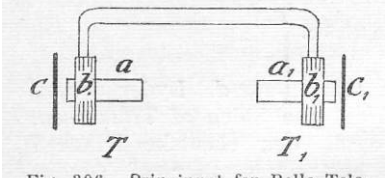


Fig. 306. Princippet for Bells Telefonering.

netisme, saa at den snart tiltrækker Pladen stærkere, snart svagere; denne kommer derved i Svingninger og sætter Luften foran sig i Svingninger, der ganske ligner dem, Talen frembragte paa den første Station. Et Øre ved c_x vil altsaa høre, hvad der siges ved c. — Naar Ledningstraadens Ender er forbundet med Jordplader, behøves ligesom ved Telegrafering kun én Ledning mellem de to Stationer.

Til Brug i Praksis indfattes Magnet, Traadrulle og Jærnplade i et Hylster, som er vist i Gennemsnit i Fig. 307. (I Reglen er Traadrullen ikke anbragt uden om selve Magnetstangen, men om et lille Stykke blødt Jærn, der befinder sig i Stangens Forlængelse. — Ofte benytter man for at gøre Telefonen mere fintmærkende en bøjet Magnetstang, der vender begge Ender mod Jærnpladen,

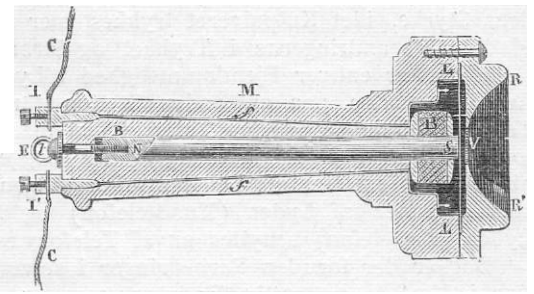


Fig. 307. Gennemsnit af en Bellsk Telefon.

Dersom den ovenfor angivne Fremgangsmaade anvendes paa milelange Afstande, bliver Lyden overmaade svag, hvad der er let at forstaa, da det er Talen, der skal levere hele Arbejdskraften til 'Frembringelse af de elektriske Strømme. Anderledes var Forholdet ved Reis' Telefon; her var det et galvanisk Batteri, der leverede Arbejdskraften; naar de Toner, man spillede eller sang, blot var kraftige nok til at sætte den elastiske Hinde i saa stærke Svingninger, at den vekselvis sluttede og afbrød Batteristrømmen, besørgede denne Resten, og man havde det i sin Magt at forstærke Virkningen ved at anvende et stærkere Batteri. En lignende Rolle kommer det galvaniske Batteri til at spille ved Kultelefonen, (Mikrofonen) for hvis Opfindelse (1877—78) Edison, Hunning og Hughes maa dele Æren; Edison har rimeligvis Førsteretten, men i Hunnings og Hughes' Telefoner er det Princip, Edison anvendte, videre udviklet i forskellige Retninger.

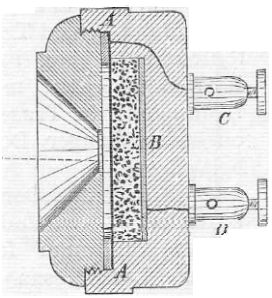


Fig. 308. Hunnings Kultelefon.

Fig. 308 viser Hunnings Kultelefon i Gennemsnit. *P* er en Platinplade, *B* en Kulplade, og Mellemrummet mellem dem er udfyldt med Kulpulver. Fra et Batteri sendes en Strøm ad Vejen *CAP* gennem Kulpulveret til *B* og videre gennem *D* ud i Telefonledningen. Kulpulveret byder en temmelig stor Modstand mod Strømmens Gen-

nemgang; eftersom Pulveret trykkes mer eller mindre sammen, bliver denne Modstand ringere eller større; selv en meget ringe Forandring i Trykket vil frembringe en betydelig Forandring i Modstanden og derved ogsaa forandre Strømmens Styrke. Naar man nu gennem Telefonens tragtformede Mundstykke taler ind mod-Platinpladen, kommer denne i Svingninger; herved vil den ikke som Pladen i Reis' Telefon slutte og afbryde Strømmen, men kun forandre dens Styrke, idet Kulpulveret trykkes mer eller mindre sammen af Pladen; Forandringerne i Trykket og Strømstyrken retter sig fuldstændig efter enhver Ejendommelighed i Lydsvingningerne, og naar Ledningstraaden paa en anden Station forbindes med en Bell'sk Telefon, vil denne gengive Talen. Skal man kunne samtale mellem to Stationer, maa der naturligvis paa begge findes baade en Hunning'sk og en Bell'sk Telefon. Foreningen af Hunnings Telefon som Afsender af Lyden (Mundtelefon) og Bells som Modtager af Lyden (Øretelefon) benyttes nu af Telefonvæsenet i de fleste Lande.

Dog er der foruden Forbedringer i selve Telefonernes Konstruktion indført en væsentlig Ændring, som er angivet af Edison. Det er tidligere (S. 50) omtalt, at man for at overføre Arbejdskraft paa lange Afstande med ringe Krafttab hellere maa benytte forholdsvis svage Strømme med høj Spænding end stærke Strømme med lav Spænding. Det samme gælder for Telefonstrømmene, og blandt andet af denne Grund lader man ikke den Strøm, som gaar gennem Batteriet og Kultelefonen, gaa ud i Telefonledningen, men leder den ind i de korte og tykke Vindinger af en Transformator, som her blot er en Induktionsrulle (smlgn. S. 44 og S. 53); Strømstyrkens Forandringer fremkalder da svage Induktionsstrømme af forholdsvis høj Spænding i Induktionsrullens lange, tynde Traad, hvis to Ender er forbundet med Telefonledningen og en Jordplade eller med Ledningens to Traade, om man bruger Dobbeltledning.

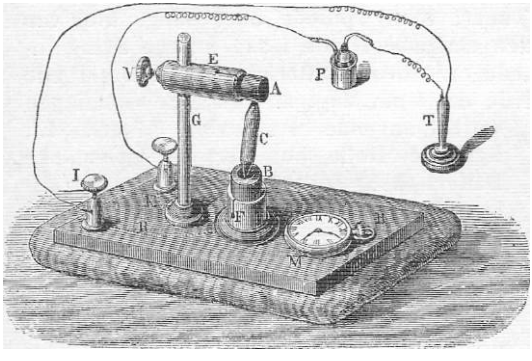


Fig. 309. Hughes' Kultelefon.

Ved at bruge stærke Batterier og ved andre Midler kan man forstærke Lyden, saa at den Tale, Øretelefonen afleverer, i alt Fald paa kortere Afstande, endogsaa er stærkere end den, Mundtelefonen modtog. Men naar man lægger Vægt paa at gøre Telefonerne højttalende, gaar det som oftest stærkt ud over Gengivelsens Renhed og Tydelighed. Kun naar dette ikke har synderligt at sige, men det blot drejer sig om at

gøre en eller anden svag Lyd hørlig, kan man let naa Maalet ved Kultelefonen. I dette Øjemed bruger man imidlertid bedst Hughes Kultelefon.

Fig. 309 viser en simpel Form af denne. Til en elastisk Træbund -r fastgjort Kulstykkerne *A* og *B,* mellem hvilke et tredje Kulstykke C er anbragt saa løst, at det kan rokke lidt. En Strøm ledes fra Batteriet *P* gennem Kulstykkerne og tillige gennem en Bellsk Telefon T, der kan være anbragt langt borte. Synger eller taler man mod Træbunden vil Kulstykket C dirre i Takt med Lydsvingningerne, men herved forandres Ledningsmodstanden paa Kulstykkernes Berøringssteder og altsaa ogsaa Strømstyrken i Ledningen i samme Takt, og Telefonen *T* gengiver Lyden, omend kun ufuldkomment for Talens Vedkommende. Lægger man et Ur paa Træbunden, vil dets Dikken lyde meget stærkt i Telefonen, og selv et Insekts Vandren hen over Pladen frembringer en hørlig Lyd. Selv om Hughes just ikke har .ajort det muligt at høre Græsset gro, vilde den Opgave at høre en Flue gaa en Milsvej borte nok kunne løses ved Hjælp af hans Apparat. Han har kaldt det Mikrofonen, fordi det kan bringe vort Øre til at opfatte ellers uhørlige Lyd, ligesom Mikroskopet hjælper vort Øje til at se det usynligt smaa. Navnet Mikrofon bruges imidlertid ogsaa om de Kultelefoner, der ved Samtaler benyttes som Mundtelefoner, hvad enten det er Kulpulvertelefoner eller Hughes'ske Telefoner i forbedret Form (med flere løse Kulstykker).

Naar Telefonen skal benyttes som Samtalemiddel mellem to Steder, maa en Person det ene Sted ved et eller andet særligt Signal kunne kalde Folk til Telefonen det andet Sted; thi Stemmen lyder altfor svagt til at kunne høres i nævneværdig Afstand fra Telefonen, endsige i et andet Værelse. I Begyndelsen, da man brugte Bellske Telefoner baade som Afsender og Modtager og altsaa ikke anvendte noget galvanisk Batteri, hjalp man sig med et Fløjtesignal, senere efter Indførelsen af Kultelefonen med det tilhørende Batteri, indrettede man det saaledes, at dette ved et Tryk paa en Signalknap sendte en Strøm gennem Ledningen til den anden Station, hvor Strømmen satte et Ringeværk i Virksomhed. Men da hertil paa længere Afstande vilde kræves meget kraftige Batterier, har man nu de fleste Steder indført en lille magneto-elektrisk Maskine (S. 44), som ved Omdrejning af et Haandsving sender Vekselstrømme gennem Ledningen og derved sætter et Ringeværk af særlig Konstruktion henne ved Modtagerapparatet i Virksomhed.

Da hvert Telefonapparat skal have baade Afsender og Modtagerapparater, bliver det alt i alt en ret sammensat Mekanisme. Fig. 310 viser en Vægtelefon, hvor man ved en lille Skrivepult kan optegne vigtige Telefonmeddelelser. Over Pultklappen ses Ringeværkets to Klokker; under dem gemmes den magneto-elektriske Maskine (»Ringeindukloren«), hvis Haandtag ses til højre; længere nede staar det galvaniske Batteri. Til venstre ser man Øre- og Mundtelefonen, der

er forbundet fast med hinanden i passende indbyrdes Afstand; det hele hænger i en Krog paa en Vægtstang, som derved tynges ned. Ledningerne inde i Telefonapparatet er anbragt paa en saadan Maade, at det er parat til at modtage eller afgive Kaldesignaler, saa længe Telefonerne hænger paa Krogen; men naar de løftes af, gaar Vægtstangen til Vejrs og gør samtidig Apparatet rede til Samtale.

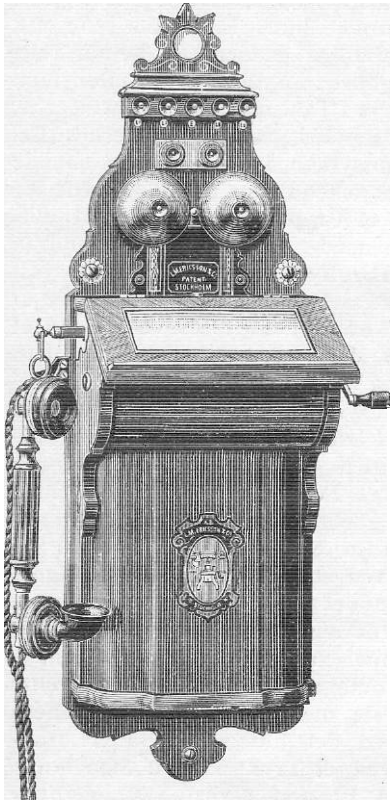


Fig. 310. Telefonapparat.

Efterhaanden som Telefonteknikken skred frem, blev man i Stand til at telefonere paa længere og længere Afstande, og i Europa har man mange Steder forbundet Nabolandes Hovedstæder telefonisk; længst er man naaet i Amerika, hvor der findes Telefonforbindelse mellem New York og Chikago, som ligger c. 1500 Km. eller 200 Mil fra hinanden. Paa saadanne lange Linjer benyttes altid Luftledninger af Kobber- eller Broncetraad. Hvor dette ikke kan lade sig gøre, fordi Linjen krydser Havarme, som naar København skal forbindes med Sverig eller Tyskland, London med Frankrig eller Belgien, opstaar der særegne Vanskeligheder af lignende Art som ved Telegrafering under Vandet (se S. 359). Vanskelighederne er her langt større, fordi Telefoneringen foregaar ved overordentlig hurtigt skiftende Vekselstrømme. De kan delvis overvindes ved særlige Konstruktioner af Kablerne og har blandt andet danske Telefoningeniører gjort sig fortjent ved at indføre vigtige Forbedringer; men mere end 300 Kilometer Kabellængde, vilde man dog næppe kunne tale igennem selv ved den nyeste og bedste Kabeltype, der er anvendt mellem Lolland og Femern. Professor Pupin i Amerika har imidlertid ved videnskabelige Betragtninger udfundet, at man maatte kunne naa store Besultater ved at indskyde Traadruller med Jærnkærne i Ledningen med visse Mellemrum. Forsøg i Tyskland har nylig bekræftet Pupins Slutninger; da det tillige er lykkedes at give Pupinrullerne saadanne Former, at de kan anbringes i et Undervandskabel uden Fortykkelse af dets Hylster, vil det vistnok

være muligt at telefonere henimod 1000 Km. under Havet, og Atlanterhavstelefonien synes ikke længere at være noget meget fjærnt Fremtidsmaal. — Ved at anvende Pupinruller paa Luftledninger vil man rimeligvis kunne overvinde enhver Afstand inden for Evropa.

I Budapest har der siden 1893 været et ganske ejendommeligt Foretagende i Gang, nemlig en »Telefonavis«, som ikke læses, men høres. Paa bestemte Tider af Dagen telefoneres fra Redaktionen til alle Abonnenterne de forskellige Rubrikker, hvori et Blads sædvanlige Tekst kan inddeles — politiske Meddelelser, Teateranmeldelser o. s. v.; vigtige Nyheder meldes, saa snart de indløber, idet Abonnenterne først kaldes til Telefonen; endvidere udgør Sang og Musik af ansete Kunstnere en Del af Avisens Indhold.

Ved Telefonavisen falder det særlig i Øjnene som en Mangel ved Telefonen, at den ikke kan gemme Talen hen. En almindelig Avis kan man lægge til Side og læse, naar det passer En, og man kan senere efterse, hvad man har glemt; men ved Telefonavisen maa man være paa Pletten, naar den udkommer, og mærke sig nøje, hvad der bliver sagt; bagefter er det for sent. Ogsaa ved det almindelige Telefonsamkvem, vilde det imidlertid være en stor Fordel, om Telefonen kunde opbevare Talen, saa at den f. Eks., naar ingen var til Stede, kunde modtage en Besked og gengive den senere; desuden vilde Forretningsaftaler gennem Telefonen først blive retslig bindende, naar man kunde lade dem gentage i Vidners Overværelse.

Man har forsøgt at naa Maalet ved at lade Telefonen tale ind i en Edisonsk Fonograf (S. 229); men hertil kræves højttalende Telefoner, og den mekaniske Fonograf er i det hele taget for besværlig og klouset i sin Virkemaade til ret at gaa i Spand med den elektromagnetiske Telefon. Der var et Misforhold i dette, at man usynligt og usporligt kunde sende Talen 100 Mil bort gennem en Metaltraad, men at man for at fæstne og opbevare den maatte gribe til saadanne grove, mekaniske Midler som at lade Lydsvingningerne bevæge en Mejsel, der skærer Mærker i Voks. Dette Misforhold hævede V. Poulsen, idet han saa at sige forvandlede Telefonen til en Fonograf.

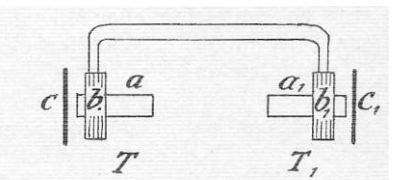


Fig. 311. Princippet for Telegrafonen.

Princippet i Poulsens elektromagnetiske Fonograf eller Telegrafonen forstaas let af Fig. 311, der er ganske det samme Billede, som S. 392 benyttedes til Illustration af Bellsk Telefonering; men vi .vil denne Gang tænke os, at c_t iKice iorestmer en iastspænat Jærnplade, men derimod Gennemsnittet af et Staalbaand, som føres forbi Enden af Magneten a_p medens c fremdeles forestiller en fastspændt Jærnplade. Taler man nu ind mod Pladen c, vil — som tidligere beskrevet — saa vel Magneten *a* som Magneten a_t af-

vekslende blive stærkere og svagere magnetisk i Takt med Lvdsvingningerne, og Magneten a_t vil da ogsaa fremkalde Magnetisme af forskellig Styrke paa forskellige Steder af Staalbaandet c_{15} der glider forbi den. Ved denne Ujævnhed i Magnetismens Fordelipg er Talen saa at sige præget i Staalbaandet med usynlig, magnetisk Skrift. Fører man senere Staalbaandet forbi Magneten i samme Retning og med samme Fart, som da det fik sin magnetiske Skrift, vil det hele gentages i omvendt Orden; Baandets Magnetisme genvækker de forrige magnetiske Svingninger i Magneten a_1; og de tilsvarende elektriske Svingninger i dens Traadvindinger føres gennem Ledningen til Telefonen *T,* hvor de atter forvandles til Lydsvingninger, saa at et Øre ved c hører den oprindelige Tale.

Det Middel, Poulsen har brugt til at fæstne Talen — at ombytte den elastiske Jærnplade med et løbende Staalbaand — er saa simpelt, at man ved at høre det undres over, at ingen før har fundet paa det. Dette skal ikke være sagt for at nedsætte Poulsens Fortjeneste — tværtimod; det er den gamle Historie om Kolumbus og Ægget. Det er forøvrigt ikke urimeligt, at andre har haft samme Tanke som Poulsen; men de har da straks opgivet den som altfor dristig, tænkt, at Virkningen var altfor svag, fordi Staal, som bevarer Magnetismen godt, samtidig er vanskeligt at magnetisere; eller om nogen skulde have prøvet det, har han ladet sig skræmme af de første mislykkede Forsøg. Den, der ikke blot vil tænke en Opfindelse, men virkelig gøre den, maa have Tro til Tanken, praktisk Dygtighed til at arbejde med den, Vilje og Energi til at føre den igennem.

I Praksis bruges naturligvis ikke den ovenfor antydede Ordning med to Bellske Telefoner. Til at indpræge Talen i Staalbaandet og atter uddrage den deraf benyttes ikke en Staalmagnet med Traadrulle, men en Elektromagnet (E paa Fig. 312) dannet af en tynd Jærnkærne inde i et tykt Lag af Kobbertraadsvindinger. Endvidere er den Telefon, fra hvilken man sender Talen gennem Ledningerne til Elektromagneten ikke en Bellsk Telefon, men som sædvanlig ved Telefonering en Kultelefon eller Mikrofon; naar Talen skal afhøres, indskydes saa i Ledningen i Stedet for denne Mundtelefon en Bellsk Øretelefon.

Mundtelefonen kan godt være mange Mile fra Fonografen; f. Eks. er Telefonmeddelelser ira en Abonnent i Washington blevet nedskrevet paa en magnetisk Fonograf, som befandt sig henved 300 Km. derfra hos en Abonnent i New York, og denne kunde derefter fuldstændig tydeligt faa Meddelelserne gengivet i en Telefon, naar han forbandt den med Fonografen. Men ogsaa den Telefon, ved hvilken Meddelelserne afhøres, kan naturligvis være langt borte fra Fonografen, saa at en Forretningsmand f. Eks. i sit Hjem gennem Telefonen kan modtage Meddelelser, som forud er nedskrevet paa hans Kontortelegrafons Staalvalse eller Staalplade. Medens Poulsen tidligere anvendte Staaltraade eller Staalbaand som »Skriftgrund« er han nemlig i den senere Tid mere gaaet over til Kon-

struktioner, hvor Talen ligesom i den mekaniske Fonograf nedskrives paa en Valse eller en rund Plade.

Den magnetiske Skrift i Staalet er praktisk talt fuldstændig »uopslidelig« ; den kan gengives over 10,000 Gange uden nogen kendelig Svækkelse. Og dog kan den »udviskes« fuldstændig af en lille stærk Elektromagnet, som glider hen over Staalet og magnetiserer det kraftigt overalt.

Foruden de her og S. 231 omtalte Anvendelser af Telegrafonen kan der tænkes flere andre. Ved at føre et Staalbaand uden Ende over to roterende Skiver forbi først en »skrivende«, dernæst 100 »læsende« og endelig en udslettende Elektromagnet kan man f. Eks. sende en telefonisk Meddelelse af ubegrænset Længde ud i 100

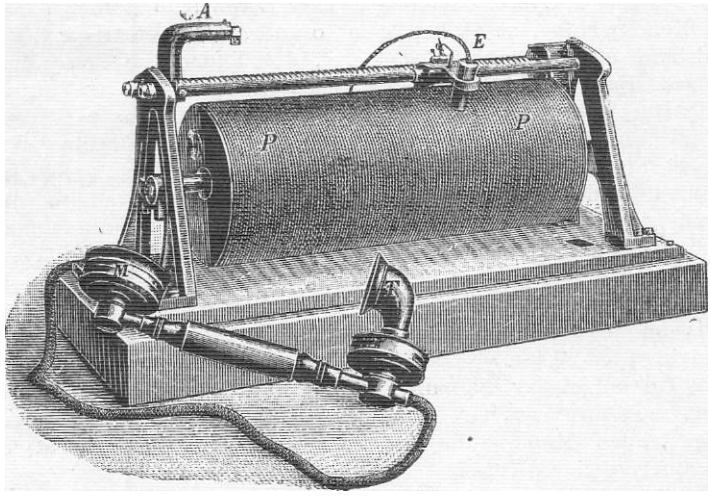


Fig. 312, Telegrafon hvor Skriftgrunden er Staaltraad oprullet paa en Cylinder.

Telefonledninger til 100 Abonnenter, uden at Lyden derved bliver svagere end, om kun én skulde have Meddelelsen; denne Ordning passer aabenbart særlig for en Telefonavis; de Abonnenter, der selv har en Telegrafon, kan desuden læse Avisen, naar de har Lyst.

Vi har i det foregaaende set, hvorledes Lydsvingningerne i Telefonen forvandledes til magnetiske og elektriske Forandringer, der saa andetsteds atter forvandles til Lyd. Lydsvingningerne kan imidlertid forvandles paa endnu flere Maader, af hvilke nogle kort skal antydes.

Fysikeren Simon i Frankfurt opdagede for faa Aar siden, at en Kultelefon kan sættes saaledes i Forbindelse med en elektrisk Ledning, :'er sender Strøm til en Buelampe, at Strømmen gennem Lampen forandrer Styrke, naar man taler eller synger i Telefonen. Herved

vil da ogsaa baade Buelysets Lysstyrke og dets Varmevirkning paa den omgivende Luft forandre sig i Overensstemmelse med Lydsvingningerne; Luftdelene omkring Lysbuen kommer derfor i tilsvarende Svingninger, og Lampen fortæller til alle i Nærheden, hvad der blev sagt i Telefonen. Man kan bringe en Lampe til at synge eller tale saa højt, at det kan høres over en stor Sal, om end det næppe lod sig gøre at lade Buelamperne paa Kongens Nytorv give Folkekoncerter om Aftenen, som det er blevet foreslaaet. — Ogsaa Gaslamper og Petroleumslamper kan man forøvrigt bringe til at synge eller tale ad elektrisk og til Dels ad anden Vej.

Lampernes Sang og Tale har vistnok ikke foreløbig faaet nogen praktisk Anvendelse; derimod har man grundet en Telefonering uden Traad paa den Omstændighed, at ogsaa Forandringerne i Lysstyrke staar i Overensstemmelse med Lydsvingningerne, samt paa den Kendsgerning, at Stoffet Selen forandrer sin elektriske Ledningsmodstand efter Styrken af det Lys, der falder paa det. Man kan nu ved Hjælp af et Hulspejl eller en Linse sende Lyset fra en talende Buelampe i en bestemt Retning, hvor det maaske i flere Kilometers Afstand træffer et andet Hulspeil, som koncentrerer Lyset paa et Stykke Selen, der er indskudt i en elektrisk Strømkreds sammen med en Telefon. Selenets Ledningsmodstand og dermed Strømstyrken forandres da i Takt med Lyo=,tyrkeforandringerne i Buelampen altsaa ogsaa i Takt med Talens Lydsvingninger, og i Telefonen vil man kunne høre Talen. Man skal paa denne Maade kunne telefonere paa en Afstand af en halv Snes Kilometer, naturligvis under Forudsætning af, at Lysstraalerne ikke møder nogen Hindring paa Vejen. — Det er Tyskeren Ernst Ruhmer, der for kort Tid siden har uddannet denne Fremgangsmaade til praktisk Brug, men forøvrigt har Graham Bell allerede for længe siden paa noget anden Maade udnyttet Selenets Egenskaber til at udføre Telefonering uden Traad.